

Relação entre a geração de resíduos sólidos domiciliares, o consumo de água e o consumo de energia elétrica: análise em diferentes regiões de FLORIANÓPOLIS/SC.

Marystela Marques Lima

Orientador: Prof. Dr. Armando Borges de Castilhos Jr
Coorientador: Karina da Silva de Souza

2012/1



LIMA, M., M. Relação entre a geração de resíduos sólidos domiciliares, o consumo de água e o consumo de energia elétrica: análise em diferentes regiões de FLORIANÓPOLIS/SC. Florianópolis: UFSC/CTC/ENS, 2012. 133 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental – UFSC.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AM-
BIENTAL

**RELAÇÃO ENTRE A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
DOMICILIARES, O CONSUMO DE ÁGUA E O CONSUMO DE
ENERGIA ELÉTRICA: ANÁLISE EM DIFERENTES REGIÕES
DE FLORIANÓPOLIS/SC**

MARYSTELA MARQUES LIMA

Banca Examinadora:

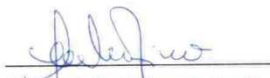
Trabalho submetido à Banca Exa-
minadora como parte dos requisitos
para Conclusão do Curso de Gra-
duação em Engenharia Sanitária e
Ambiental – TCC II



Prof. Dr. Armando Borges de Castilhos Jr
(Orientador)



Prof. Dr. Davide Franco
(Membro da Banca)



Flávia Vieira Guimarães Orofino
(Membro da Banca)

Marystela Marques Lima

**RELAÇÃO ENTRE A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
DOMICILIARES, O CONSUMO DE ÁGUA E O CONSUMO DE
ENERGIA ELÉTRICA: ANÁLISE EM DIFERENTES REGIÕES
DE FLORIANÓPOLIS/SC**

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental – TCC II

Orientador: Prof. Dr. Armando
Borges de Castilhos Júnior
Coorientador: Karina da Silva de
Souza

Florianópolis (SC)
2012

AGRADECIMENTOS

À Deus, ao meu pai e à minha irmã, que me deram estrutura e condições de chegar até o final, aos amigos que deram força emocional durante essa caminhada, e ao Mauricio, que acompanhou dia a dia as dificuldades e conquistas da execução deste trabalho. A estes devo meus sinceros agradecimentos e sentimentos. Fica a promessa de honrar a carreira profissional com muita dedicação e honestidade, como aprendi com meu pai durante toda a minha vida.

Devo também inúmeros agradecimentos à engenheira Karina, coordenadora, amiga, colega, parceira de todas as horas na busca incansável pelos dados e pelos resultados.

Ao professor Davide Franco, do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC, o qual despendeu muitas horas de seu tempo, recurso este nem sempre em sobra para ele, para minuciosamente se dedicar a orientar as análises estatísticas deste trabalho, sem as quais não seria possível a conclusão dos objetivos traçados.

Durante a aquisição dos dados, diversas pessoas tiveram papel fundamental, Walter Vieira Neto foi decisivo nos dados de coleta de resíduos, Igor Galdêncio Gonçalves com os dados de consumo de energia, e Paulo Roberto Faraco Peressoni para os dados de consumo de água. Estas pessoas dedicaram horas de seu trabalho para resgatar dos sistemas de informação os dados solicitados, sendo assim, têm meu muito obrigada.

RESUMO

O município de Florianópolis, segundo dados de 2009 do SNIS, arrecadou naquele ano com a taxa de coleta de lixo um total de R\$29.476.57,00, já as despesas totais do sistema foram de R\$ 92.699.325,00, sendo a cobertura de apenas 31,8% das despesas, comprovando assim que a base de cálculo para esta taxa não está atendendo as necessidades do gerenciamento dos resíduos da cidade. Métodos diretos de medição de geração de resíduos sólidos apresentam restrições, principalmente de ordem econômica. Este trabalho segue a linha de pesquisa de estudos que já vêm sendo desenvolvidos para quantificar a geração de resíduos sólidos indiretamente: através do consumo de água e de energia elétrica. Este trabalho analisa dados para um período de quatro anos, que vai de maio de 2007 até junho de 2011, do consumo de energia elétrica, consumo de água e geração de resíduos sólidos de quatro regiões de Florianópolis. Objetiva-se avaliar as correlações existentes entre estas três variáveis apontando nova ferramenta de cálculo para a determinação do valor da "tarifa de coleta de resíduos domiciliares" para Florianópolis. Para encontrar a fórmula que determina a geração de resíduos nas regiões escolhidas, utilizou-se o método estatístico de regressão linear. Os resultados apontam que é possível encontrar correlações entre a geração de resíduos e o consumo de energia e água, sendo mais fortes para o consumo de água. Muitos são os fatores que influenciam os valores de correlação, o modelo mais representativo encontrado foi sazonal, sendo uma correlação para cada estação do ano.

PALAVRAS-CHAVE: sustentabilidade econômica de sistemas de limpeza urbana; remuneração dos serviços de limpeza urbana; geração de resíduos sólidos domiciliares; consumo de água; consumo de energia elétrica.

ABSTRACT

According data from SNIS 2009, the city of Florianópolis raised that year with garbage collection a total of R\$ 29.476.57,00, yet the total system costs were R\$ 92,699,325.00, covering only 31.8% of the costs, thus proving that the basis of calculation is not meeting the needs of waste management in the city. Direct methods of measuring solid waste generation have restrictions, especially economic. Studies have been developed to quantify the generation of solid waste indirectly, through consumption of water and electricity. In this work the data of electricity consumption, water consumption and solid waste generation were collected during the period of four years (may 2007 to june 2011), in four regions in the city. The objective was to evaluate the correlations between these three variables aiming a new calculation tool for determining the value of "fare collection of household waste" to Florianopolis. To reach the formula that determines the generation of waste in selected regions, it was used the linear regression as statistical method. The results indicate that it is possible to find correlations between waste generation and consumption of energy and water, being stronger for water consumption. There are many factors that influence the correlation values; the most representative model was the seasonal one, with a correlation for each season.

KEYWORDS: economic sustainability of urban cleaning systems; remuneration of urban cleaning services, generation of solid waste, water consumption, electricity consumption.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo Geral	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Aspectos gerais sobre gerenciamento de resíduos e limpeza urbana nos municípios brasileiros.....	5
3.1.1. Competências no sistema de limpeza urbana	5
3.2. Elementos dos sistemas de limpeza urbana.....	7
3.2.1. Serviço de coleta de RSU.....	8
3.2.2. Limpeza de logradouros públicos	11
3.2.3. Transbordo e Transporte de Resíduos Sólidos	11
3.2.4. Destinação e disposição final dos resíduos sólidos	12
3.3. Resíduos Sólidos Urbanos.....	14
3.3.1. Definições	14
3.3.2. Classificações	15
3.3.3. Composição.....	16
3.3.4. Geração.....	17
3.4. Sustentabilidade econômica dos serviços de limpeza urbana ...	18
3.4.1. Remuneração dos serviços	18
3.4.2. Custos Envolvidos nos Serviços de Limpeza Urbana.....	23
3.4.3. Modelo de cobrança a partir de taxas.....	27
3.4.4. Modelo de cobrança a partir de tarifas	27
3.4.5. Modelos aplicados em alguns municípios brasileiros	28
3.4.6. Modelos aplicados em outros países.....	30
3.5. Relações entre o consumo de água e energia elétrica com a geração de resíduos sólidos.....	31
4. METODOLOGIA.....	34
4.1. Definição do período de coleta de dados.....	35
4.2. Caracterização da área de estudo.....	35
4.2.1. O município de Florianópolis.....	35
4.2.2. Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Florianópolis	36
4.2.3. Bairros objetos de área de estudo	38
4.3. Levantamento de dados	44
4.3.1. Dados de geração de resíduos sólidos domiciliares	44
4.3.2. Dados de consumo de água	45
4.3.3. Dados de consumo de energia elétrica.....	45

4.4. Arranjo dos dados	46
4.5. Tratamento estatístico dos dados	47
4.5.1. Análises ao longo do tempo.....	48
4.5.2. Uso do Coeficiente de Correlação.....	54
4.5.3. Coeficiente de Correlação de Spearman	55
4.5.4. Regressão Linear Múltipla de componentes principais.....	55
4.5.5. Teste F – Significância Estatística.....	57
4.5.6. Coeficiente de determinação.....	58
4.5.7. Análise residual.....	59
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
5.1. Tendências ao longo da série histórica.....	60
5.1.1. Tendência nos dados de geração de resíduos	62
5.1.2. Tendência nos dados de consumo de energia elétrica.....	63
5.1.3. Tendência nos dados de consumo de água.....	64
5.1.4. Retirada das tendências.....	65
5.2. Análise da distribuição ao longo do tempo	67
5.2.1. Análise das curvas de geração de resíduos.....	68
5.2.2. Análise das curvas de consumo de energia elétrica	71
5.2.3. Análise das curvas de consumo de água	74
5.3. Estudo da Sazonalidade	76
5.3.1. Sazonalidade na geração de resíduos.....	76
5.3.2. Sazonalidade no consumo de energia elétrica	80
5.3.3. Sazonalidade no consumo de água	83
5.4. Correlações.....	86
5.5. Regressão Linear Múltipla.....	87
5.5.1. Correlação entre cada região.....	88
5.5.2. Correlação associando mais de uma região.....	92
5.5.3. Correlação sazonal por região.....	94
5.5.4. Correlação sazonal associando regiões	95
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	111
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Destinação final de RSU na Região Sul	14
Figura 2 - Valores Médios por Habitante/ano Correspondentes aos Recursos Aplicados na Coleta de RSU e nos Demais Serviços de Limpeza Urbana.....	24
Figura 3 – Representação geográfica das 4 regiões de estudo	40
Figura 4 – Região 1: Bairros Coqueiros, Itaguaçu, Bom Abrigo e Abraão	40
Figura 5 – Região 2: Bairros Jardim Atlântico, Balneário, Coloninha e Estreito.....	41
Figura 6 – Região 3: Bairro Canasvieiras	42
Figura 7 – Região 4: Bairros Sambaqui e Santo Antônio de Lisboa.....	43
Figura 8 - Exemplo de Histograma	49
Figura 9 - Exemplo de diagrama de dispersão	50
Figura 10 - Exemplo de gráfico normal de probabilidade.....	51
Figura 11 – Desenho Esquemático – Box plot.....	53
Figura 12 – Gráfico Box plot	54
Figura 13 - Tendência de crescimento da geração de resíduos - região 1	61
Figura 14 - Tendência de crescimento no consumo de energia - região 4	64
Figura 15 - Série histórica da produção de resíduos sem tendência - região 1.....	66
Figura 16- Série histórica da geração de resíduos por região.....	68
Figura 17 - Série histórica do consumo de energia elétrica por região .	72
Figura 18 - Série histórica do consumo de água por região	74
Figura 19 – Desenho esquemático das estações do ano: Resíduos região 1	77
Figura 20 - Desenho esquemático das estações do ano: Resíduos região 2	77
Figura 21 - Desenho esquemático das estações do ano: Resíduos região 3	78
Figura 22 - Desenho esquemático das estações do ano: Resíduos região 4	78
Figura 23 - Desenho esquemático das estações do ano: Energia região 1	80
Figura 24 - Desenho esquemático das estações do ano: Energia região 2	81

Figura 25 - Desenho esquemático das estações do ano: Energia região 3	81
Figura 26 - Desenho esquemático das estações do ano: Energia região 4	82
Figura 27 - Desenho esquemático das estações do ano: Água região 1	83
Figura 28 - Desenho esquemático das estações do ano: Água região 2	84
Figura 29 - Desenho esquemático das estações do ano: Água região 3	84
Figura 30 - Desenho esquemático das estações do ano: Água região 4	85
Figura 31 – Gráfico normal de probabilidades do resíduo do teste	90
Figura 32 – Histograma do residual	90
Figura 33 – Dispersão do residual	91

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização das competências no sistema de limpeza pública de Florianópolis/SC.....	7
Tabela 2 – Índice evolutivo da coleta de RSU na região Sul do Brasil (%)	8
Tabela 3 – Quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados e gerados em 2010 em Santa Catarina.....	9
Tabela 4 - Receitas e despesas do município de Florianópolis/SC	22
Tabela 5 – Sustentabilidade financeira do SLU em Florianópolis/SC ..	22
Tabela 6 – Recursos Aplicados na Coleta de RSU na Região Sul	25
Tabela 7 – Recursos Aplicados nos Demais Serviços de Limpeza Urbana na Região Sul	25
Tabela 8 – Despesas discriminadas do sistema de limpeza pública de Florianópolis/SC	26
Tabela 9 – Características dos bairros estudados	43
Tabela 10 – Tabela da ANOVA para regressão linear múltipla.....	58
Tabela 11 - Resumo das tendências das variáveis estudadas	61
Tabela 12 – Tendências para a variável produção de resíduos	62
Tabela 13 - Tendências para a variável consumo de energia elétrica ...	63
Tabela 14 - Tendências para a variável consumo de água	65
Tabela 15 – Método para retirada da tendência: resíduos da região 1 ..	65
Tabela 16 - Legenda dos meses	69
Tabela 17 – Estatísticas descritivas para os dados de geração de resíduos	70
Tabela 18 - Estatísticas descritivas para o consumo de energia.....	73
Tabela 19 - Estatísticas descritivas para o consumo de água	75
Tabela 20 – Convenções utilizadas para os gráficos de sazonalidade...	76
Tabela 21 – Valores atípicos para o estudo da sazonalidade da geração de resíduos	79
Tabela 22 - Valores atípicos para o estudo da sazonalidade do consumo de energia.....	83
Tabela 23 - Valores atípicos para o estudo da sazonalidade do consumo de água	85
Tabela 24 – Resultados para Regressão Múltipla – hipótese 1	88
Tabela 25 - Correlações lineares - hipótese 1	89
Tabela 26 – Coeficientes de Spearman para a hipótese 1	91
Tabela 27 - Resultados para Regressão Múltipla – hipótese 2.....	92
Tabela 28 – Correlações lineares – hipótese 2	93

Tabela 29 - Coeficientes de Spearman para a hipótese 2	93
Tabela 30 - Coeficientes de Spearman para a hipótese 3	94
Tabela 31 - Resultados para Regressão Múltipla – hipótese 4.1	96
Tabela 32 - Correlações lineares – hipótese 4.1	97
Tabela 33- Coeficientes de Spearman para a hipótese 4.1	97
Tabela 34 – Teste do resultado de regressão: Inverno Região 1	98
Tabela 35 - Teste do resultado de regressão: Inverno Região 4	99
Tabela 36 - Resultados para Regressão Múltipla – hipótese 4.3	102
Tabela 37 - Correlações lineares – hipótese 4.3	102
Tabela 38 - Coeficientes de Spearman para a hipótese 4.3	103
Tabela 39 - Teste do resultado de regressão: Verão 2009	104
Tabela 40 - Resultados para Regressão Múltipla – hipótese 4.2	106
Tabela 41 - Correlações lineares – hipótese 4.2	106
Tabela 42 - Coeficientes de Spearman para a hipótese 4.2	107
Tabela 43 - Teste do resultado de regressão: ano de 2009 – Região 2	108
Tabela 44 - Teste do resultado de regressão: ano de 2009 – Região 4	109

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT - Associação brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACMR - Associação de Coletores de Materiais Recicláveis
ARESP - Associação de Recicladores Esperança
CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina
CF – Constituição Federal
COMCAP – Companhia Melhoramentos da Capital
COMLURB/RJ - Companhia de Limpeza Urbana da Cidade do Rio de Janeiro
CTN - Código Tributário Nacional
CTReS – Centro de Transferência de Resíduos Sólidos
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
IPTU - Imposto Predial Territorial Urbano
IPUF – Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis
GIRSU - Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos
PEV – Posto de Entrega Voluntária
PNRS - Política Nacional dos Resíduos Sólidos
PPGEA - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental
RSD - Resíduo Sólido Domiciliar
RSU - Resíduo Sólido Urbano
SLU – Serviços de Limpeza Urbana
SMHSA – Secretaria Municipal de Habitação e Saneamento Ambiental
SNIS – Serviço Nacional de Informações sobre o Saneamento
TCL – Taxa de Coleta de Lixo
TCR – Taxa de Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

1. INTRODUÇÃO

Com a aprovação da Lei Federal nº. 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, o Brasil conta com uma definição legal de âmbito nacional do que são resíduos sólidos urbanos – RSU. Nos termos desta lei, podem ser entendidos como tais os resíduos domiciliares, isto é, aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas e os resíduos de limpeza urbana quais sejam, os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.

A integração da Lei nº 12.305/2010 à Política Nacional de Meio Ambiente e à Política de Saneamento Básico, completou a estrutura regulatória necessária para propiciar o desenvolvimento da gestão de resíduos no Brasil, o que implicará necessariamente em mudanças nos atuais sistemas de gestão. Afinal, a gestão de resíduos sólidos no Brasil ainda encontra diversos obstáculos, principalmente nos grandes centros urbanos.

Conforme os dados apresentados pela ABRELPE no Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010, os índices de geração e coleta de RSU por habitante superaram mais de seis vezes o índice de crescimento populacional do país registrado pelo censo do IBGE 2010 no mesmo período, a demonstrar a necessidade de adoção imediata de um sistema integrado e sustentável de gestão de resíduos.

Historicamente, a falta de uma base legal para o ressarcimento dos custos relativos à prestação dos serviços de limpeza urbana tem levado muitas prefeituras a não implantarem o Sistema de Gestão para essas operações, sendo que a alocação de recursos acaba sendo disputada com outras áreas. Com a edição da Lei nº 11.445/2007 a base legal para a sustentabilidade financeira está criada, apenas restando agora a necessidade da decisão política de implantação da referida cobrança. (CAM-PANI et. al., 2009)

A Lei de Saneamento oferece oportunidade clara de implementação de cobrança pelos serviços de manejo de resíduos sólidos. A cobrança é fundamental para garantir a sustentabilidade dos serviços, mas é necessário discutir claramente com a população quanto e como pagar e em que perspectiva se vislumbra a universalização. É importante que a população saiba que é ela quem remunera o sistema, através do pagamento de impostos, taxas ou tarifas.

Em todos os casos e possibilidades de administração, seja direta ou indireta, a prefeitura tem que equacionar duas questões: remunerar de forma correta e suficiente os serviços e ter garantia na arrecadação de receitas destinadas à limpeza urbana da cidade. Da mesma forma, os recursos do Tesouro Municipal e a arrecadação de tarifas possíveis devem equivaler ao orçamento do custeio e despesas de capital de todas as operações que abrangem a limpeza da cidade. (MONTEIRO et. al., 2001)

Em diversos casos não se observa um critério justo e definido perante o usuário. Atrelado a grande dificuldade de adequação legal por esta cobrança, que segundo o que é disposto no artigo 145, parágrafo 2º da Constituição Federal, torna-a inconstitucional, ocorre ainda a grande inadimplência existente quanto ao pagamento do IPTU perante os cidadãos.

O município de Florianópolis, segundo dados de 2009 do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento - SNIS arrecadou neste referido ano com a taxa de coleta de lixo um total de R\$29.476.570,00, já as despesas totais do sistema foram de R\$92.699.325,00, sendo a cobertura de apenas 31,8% das despesas. Comprovando assim que a base de cálculo não está atendendo as necessidades do gerenciamento dos resíduos da cidade, trazendo limitações prejudiciais até mesmo aos municípios. Assim, o restante do custeio do sistema consome grande parte do orçamento municipal e tem-se que priorizar pela busca de soluções alternativas que financiem a gestão dos resíduos sólidos.

Em virtude desta problemática, e da insustentabilidade do sistema atual de cobrança de taxa de coleta de resíduos, que não cobre todos os custos do sistema, este trabalho é desenvolvido de forma a quantificar a geração de resíduos sólidos indiretamente, a partir do consumo de água ou de energia elétrica em unidades habitacionais para que sirvam de novas bases de cálculo de tarifas de resíduos, mais especificamente em estudo de caso para o município de Florianópolis.

Testou-se a hipótese de que há relação estatisticamente significativa entre a geração de resíduos sólidos domiciliares, o consumo de água e o consumo de energia elétrica com variância entre realidades socioeconômicas e estações do ano em Florianópolis, representada por uma amostra de quatro regiões.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

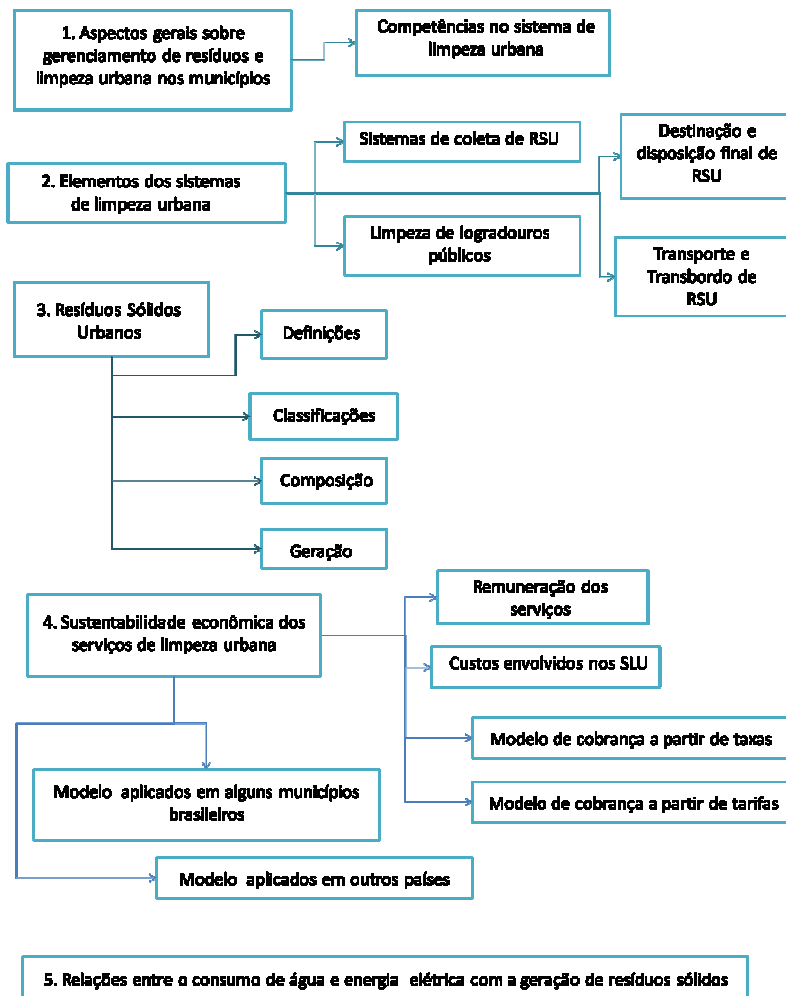
Avaliar as relações existentes entre a produção de resíduos sólidos domiciliares o consumo de água e o consumo de energia elétrica em diferentes regiões do município de Florianópolis apontando nova ferramenta de cálculo para a determinação do valor da "tarifa de coleta de resíduos domiciliares".

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar o coeficiente de correlação estatística entre as variáveis “consumo de água” e “consumo de energia elétrica” com a “produção de resíduos sólidos domiciliares”, assim como seu nível de significância;
- Verificar a relação do consumo de energia elétrica e água, e geração de resíduos sólidos domiciliares, com as estações do ano no período de maio de 2007 a junho de 2011.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Fluxograma 1 mostra como foi estruturada a revisão bibliográfica dos assuntos pertinentes à construção de um entendimento da hipótese testada pelo trabalho.



Fluxograma 1 – Descrição visual da revisão bibliográfica

Fonte: A autora.

3.1. Aspectos gerais sobre gerenciamento de resíduos e limpeza urbana nos municípios brasileiros

“A limpeza pública ou urbana engloba um conjunto de atividades de competência das administrações municipais destinadas à preservação da saúde pública e bem estar comum da população” (PFEIFFER; CARVALHO, 2009).

Uma das atividades do saneamento ambiental municipal é aquela que contempla a gestão e o gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos (GIRSU). Os termos *gestão* e *gerenciamento*, em geral, adquirem conotações distintas para grande parte dos técnicos que atuam na área de resíduos sólidos urbanos, embora possam ser empregados como sinônimos. “O termo gestão é utilizado para definir decisões, ações e procedimentos adotados em nível estratégico, enquanto o gerenciamento visa à operação do sistema de limpeza urbana”. (CASTILHOS JÚNIOR, 2003)

No Brasil, o serviço sistemático de limpeza urbana foi iniciado oficialmente em 25 de novembro de 1880, em São Sebastião do Rio de Janeiro, então capital do Império. Nesse dia, o imperador D. Pedro II assinou o Decreto nº 3024, aprovando o contrato para limpeza e irrigação da cidade, que foi executado por Aleixo Gary, de cujo sobrenome origina-se a palavra gari, que hoje denomina os trabalhadores da limpeza urbana em muitas cidades brasileiras. (MONTEIRO et. al., 2001)

Dos tempos imperiais aos dias de hoje, os serviços de limpeza urbana enfrentaram momentos bons e ruins. “Hoje, a situação da gestão dos resíduos sólidos se apresenta em cada cidade brasileira de forma diversa, prevalecendo, entretanto, uma situação nada alentadora”. (MONTEIRO et. al., 2001) A gestão dos resíduos sólidos não tem recebido a atenção necessária por parte do poder público. Com isso, compromete-se cada vez mais a já ameaçada saúde da população.

3.1.1. Competências no sistema de limpeza urbana

As instituições responsáveis pelos resíduos sólidos municipais e perigosos, no âmbito nacional, estadual e municipal, são determinadas através dos seguintes artigos da Constituição Federal:

- Incisos VI e IX do art. 23º, que estabelecem ser competência comum da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios proteger o

meio ambiente e combater a poluição em qualquer das suas formas, bem como promover programas de construção de moradias e a melhoria do saneamento básico;

- Incisos I e V do art. 30º, instituem como atribuição municipal legislar sobre assuntos de interesse local, especialmente quanto à organização dos seus serviços públicos, como é o caso da limpeza urbana.

Tradicionalmente, o que ocorre no Brasil é a competência do município sobre a gestão dos resíduos sólidos produzidos em seu território, com exceção dos de natureza industrial, mas incluindo-se os provenientes dos serviços de saúde. (MONTEIRO et. al., 2001)

Segundo Castilhos Júnior (2003) o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos deve ser integrado, desde a não geração até a disposição final, com atividades compatíveis com as dos demais sistemas do saneamento ambiental, sendo essencial a participação ativa e cooperativa do primeiro, segundo e terceiro setor, respectivamente, governo, iniciativa privada e sociedade civil.

O sistema de limpeza urbana de uma cidade pode ser administrado das seguintes formas (MONTEIRO et. al., 2001):

- Diretamente pelo município;
- Através de uma empresa pública específica;
- Através de empresa de economia mista criada especificamente para desempenhar a função.

No tocante ao gerenciamento dos serviços de limpeza urbana nas cidades de médio e grande porte, vem se percebendo a chamada privatização dos serviços, modelo cada vez mais adotado no Brasil e que se traduz na realidade, numa terceirização dos serviços, até então executados pela administração na maioria dos municípios.

Algumas prefeituras de pequeno e médio porte vêm contratando serviços da limpeza urbana com cooperativas ou microempresas, o que se coloca como uma solução para as municipalidades que têm uma política de geração de renda para pessoas de baixa qualificação técnica e escolar.

A Tabela 1 mostra como se define as competências no município de Florianópolis, ao qual se refere este trabalho.

Tabela 1 - Caracterização das competências no sistema de limpeza pública de Florianópolis/SC

População total (IBGE)	População ur- bana (SNIS)	Natureza jurí- dica do órgão municipal responsável	Órgão tam- bém presta serviço de água/esgoto?
Habitante	Habitante		
408.161	396.083	Sociedade de economia mista	Não

Fonte: Adaptado de SNIS, 2009.

3.2. Elementos dos sistemas de limpeza urbana

Os sistemas de limpeza urbana são estabelecidos por uma necessidade e em decorrência das atividades desenvolvidas pelo homem em sua comunidade (DEUS, et.al., 2004). De acordo com a Lei do Saneamento Básico, as atividades do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos são as seguintes: coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final dos resíduos domésticos e dos originários da varrição, capina e poda realizada em logradouros e vias públicas. Sendo logradouro “ [...] qualquer espaço público de uso comum e reconhecido pela administração de um município como avenidas, ruas, praças, jardins, parques, etc.” (PFEIFFER; CARVALHO, 2009)

Segundo CHENNA (2000), em algumas situações específicas, os SLU podem compreender também:

- Limpeza de locais após eventos;
- Limpeza de bocas de lobo;
- Remoção de entulhos;
- Pintura de meio-fios;
- Remoção de faixas e cartazes de publicidade;
- Dragagem de materiais (terra, entulho, objetos volumosos) acumulados em córregos e lagoas, etc.

Cada município, de acordo com legislação própria ou, mais comumente, de acordo com os costumes locais, define sua relação de serviços atribuídos à limpeza urbana.

3.2.1. Serviço de coleta de RSU

A coleta de RSU representa o recolhimento dos resíduos propriamente acondicionados por quem o produz e encaminhamento, por meio de transporte adequado, a uma possível estação de transferência, a um eventual tratamento e à disposição final. (Monteiro et. al., 2001)

Monteiro et. al. (2001) coloca também que a coleta de resíduos é o segmento que mais se desenvolveu dentro do sistema de limpeza urbana e o que apresenta maior abrangência de atendimento junto à população, ao mesmo tempo em que é a atividade do sistema que demanda maior percentual de recursos por parte da municipalidade. Esse fato se deve à pressão exercida pela população e pelo comércio para que se execute a coleta com regularidade, evitando-se assim o acúmulo de lixo nas ruas.

Contudo, essa pressão tem geralmente um efeito seletivo, ou seja, a administração municipal, quando não tem meios de oferecer o serviço a toda a população, prioriza os setores comerciais, as unidades de saúde e o atendimento à população de renda mais alta. (MONTEIRO et. al., 2001)

A Tabela 2 mostra o índice evolutivo da coleta de RSU na região sul do Brasil.

Tabela 2 – Índice evolutivo da coleta de RSU na região Sul do Brasil (%)

2000	2001	2002	2003	2004	2005
80,84	80,84	81,33	81,99	82,24	82,51
Continua					
2006	2007	2008	2009	2010	
83,01	83,51	90,49	90,74	91,47	

Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2010.

Para que a expansão da cobertura dos serviços alcance as áreas carentes, são necessários investimentos em infraestrutura viária, e na adoção de sistemas alternativos, que acabam apresentando menor eficiência e, portanto, elevando os custos.

De acordo com Leite (2006) a coleta dos resíduos sólidos urbanos é de responsabilidade do poder público municipal, podendo ser executada por diferentes sistemas:

- *Coleta regular*: executada por processo convencional ou alternativo, com periodicidade definida, atingindo o maior universo possível, domicílio por domicílio;
- *Coleta extraordinária*: executada esporadicamente, a critério do órgão público de limpeza urbana;
- *Coleta especial*: executada para atender os casos de resíduos especiais, como os resíduos hospitalares;
- *Coleta seletiva*: executada para remoção distinta de resíduos recicláveis, que pode ser realizada de porta em porta ou de forma espontânea.

Os serviços de coleta de RSU abrangem muitas atividades, o que requer planejamento, gerenciamento e gestão de forma integrada e complementar, para isso é necessário entrosamento entre os técnicos de cada setor. Por ser uma atividade muito dinâmica e rotineira, necessita também de alta sistematização e programação da área operacional, pelos técnicos, planejadores, gerenciadores responsáveis. (CHENNA, 2000)

Segundo pesquisa apresentada pela ABRELPE, 2010, mostrada na Tabela 3, consegue-se visualizar a quantidade de RSU coletado em 2010 no estado de Santa Catarina.

Tabela 3 – Quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados e gerados em 2010 em Santa Catarina

População Urbana 2010 (hab)	RSU Coletado por Habitante (kg/hab/dia)	RSU Coletado (t/dia)	RSU Gerado (t/dia)
5.249.197	0,754	3.956	4.285

Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2010.

3.2.1.1. Coleta Seletiva de resíduos

A Lei Federal 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, já citada, trouxe a coleta seletiva dentre seus instrumen-

tos, especificando-a como a coleta de resíduos sólidos previamente separados de acordo com sua constituição e composição. A partir da vigência da PNRS existe uma hierarquia a ser seguida na gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos, com ordem de prioridade de ações a serem seguidas.

A reciclagem, que nos termos da lei, é o processo de transformação dos resíduos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas a transformação em insumos ou novos produtos, foi inserida dentre as ações prioritárias a serem executadas nesse processo de gestão de resíduos.

O termo coleta seletiva porta a porta institucionaliza foi utilizado para diferenciar a prática informal de coleta seletiva, daquela realizada pelo órgão responsável pelos serviços de coleta de RSD. Nesta modalidade, os residentes dos domicílios são responsáveis pela separação do RSD, geralmente em dois ou três compartimentos. O importante é separar a massa úmida da massa seca, matéria orgânica (quando há compostagem, por exemplo), resíduos recicláveis e resíduos inservíveis. O veículo coletor recolhe os resíduos em dias pré-estabelecidos, geralmente uma ou duas vezes na semana (MONTEIRO et. al., 2001).

Já o Ponto de Entrega Voluntária - PEV representa a coleta seletiva por entrega voluntária, ponto a ponto. Este processo exige um maior empenho da população, que deve não apenas fazer a separação dos materiais em suas residências ou locais de trabalho, mas também levá-los até essas áreas de PEV, em recipientes apropriados para cada tipo de material potencialmente reciclável. Estes locais devem ser localizados em pontos estratégicos da cidade. Em países desenvolvidos este tipo de atividade é amplamente aplicada, e em muitos locais remunera-se o cidadão que levar seus resíduos. (MONTEIRO et. al., 2001)

Ocorre ainda a coleta seletiva por sucateiros e catadores, o que de acordo com Vilhena (apud TAKEDA, 2002, pag.21) “é crucial para o abastecimento do mercado de materiais recicláveis e consequentemente como suporte para a indústria recicladora”. Neste prisma, a coleta seletiva se traduz em uma política econômica de reinserção de indivíduos, até então, à margem da sociedade, em um processo de resgate de cidadania, trazendo a eles um papel a cumprir e gerando fonte de renda.

Os sucateiros e catadores são beneficiados à medida que sua atividade econômica é viabilizada pela reciclagem, especificamente, os sucateiros arcam com grande parte dos gastos relativos à reciclagem assumindo os custos do processo e tentando, sempre que possível, repassá-

los à indústria. Pois, cabe ao sucateiro financiar e operar a coleta, triagem, transporte, armazenagem e o processamento dos materiais recicláveis, e, além disso, recrutar os serviços de catadores e carrinheiros. (CALDERONI, 1999)

Essa atividade apesar de informal representa renda para muitas famílias no Brasil, e deve ser encarada com mais importância pela comunidade e pelo governo, além disso, deve ser mais bem discutida, principalmente agora, com a incisiva abordagem do assunto pela PNRS.

3.2.2. Limpeza de logradouros públicos

O serviço de limpeza de logradouros públicos, segundo Deus et. al.(2004), é a segunda atividade de limpeza urbana mais importante para a população, tendo por objetivos manter a limpeza das cidades e áreas urbanas, prevenir enchentes e o assoreamento de rios e arroios e minimizar os riscos à saúde. Monteiro et. al. (2001) ainda ressalta a importância sanitária da limpeza de logradouros públicos, como a prevenção de doenças resultantes da proliferação de vetores em depósitos de resíduos nas ruas ou em terrenos baldios.

Os serviços de varrição e limpeza de logradouros também são muito deficientes na maioria das cidades brasileiras. Apenas os municípios maiores mantêm serviços regulares de varrição em toda a zona urbanizada, com frequências e roteiros predeterminados.

Dentre os fatores que intervêm na composição e produção dos resíduos recolhidos pela varrição destacam-se: a arborização da via, a densidade de trânsito, a movimentação e concentração de pedestres, o poder aquisitivo da população, a presença de animais domésticos, os vendedores ambulantes, o comércio intenso, as atrações turísticas e, principalmente, a conscientização da população. (CHENNA, 2000)

3.2.3. Transbordo e Transporte de Resíduos Sólidos

Nas cidades de médio e grande porte que sofrem forte expansão urbana, aumentam também as exigências ambientais e a resistência da população em aceitar a implantação, próximo as suas residências, de qualquer empreendimento ligado à disposição final de resíduos sólidos. Além do

mais, os terrenos urbanos ficam muito caros para localização de aterro, que demanda áreas de grandes extensões, e assim os aterros sanitários estão sendo implantados cada vez mais distantes dos centros da massa de geração de resíduos. (MONTEIRO et. al., 2001).

O aumento na distância entre o ponto de coleta dos resíduos e o aterro sanitário acarreta os seguintes problemas (MONTEIRO et. al., 2001):

- Atraso na execução dos serviços nos roteiros de coleta, alongando a exposição dos resíduos sólidos nas ruas;
- Aumento do tempo improdutivo da guarnição, enquanto esta aguarda o retorno do veículo que foi “vazar” sua carga no local de disposição final;
- Aumento do custo de transporte;
- Redução da produtividade dos caminhões de coleta, que são veículos especiais e caros.

Para solução desses problemas, alguns municípios vêm optando pela implantação de estações de transferência ou de transbordo. As estações de transferência ou transbordo são locais onde os caminhões coletores descarregam sua carga de resíduos sólidos em veículos com carrocerias de maior capacidade para que, posteriormente, sejam encaminhadas até o destino final. A utilização de estações de transbordo reduz o tempo gasto no transporte dos resíduos, e, por consequência, reduzem também os custos com o deslocamento do caminhão coletor desde o ponto final do roteiro até o local de disposição final dos resíduos sólidos. (CUNHA; FILHO, 2002).

O transporte é uma atividade distinta da coleta quando as distâncias de remoção até os pontos de destinação final passam a ser longas (DEUS, et.al., 2004). “Para realizar o transporte podem ser utilizadas caixas do tipo roll-on/roll-off, intercambiáveis por meio de veículos dotados de guindastes ou carretas (com ou sem compactação)”. As carretas devem ser cobertas com tela ou lona plástica na parte superior da caixa de carga, evitando-se, assim, que caiam detritos nas vias públicas. (MONTEIRO et. al., 2001).

3.2.4. Destinação e disposição final dos resíduos sólidos

Segundo a Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, destinação final ambientalmente adequada: “[...] inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes”. Entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Segundo Bidone (2001), os termos tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, fazem parte de uma conotação mais abrangente, denominada “eliminação, a qual visa dois objetivos: a estocagem, pelo aterramento sanitário e as operações de tratamento antes do descarte ou estocagem”. No primeiro caso, o objetivo maior é impedir as trocas entre o resíduo e o meio ambiente. No segundo, busca-se modificar as propriedades físicas, químicas e/ou biológicas do resíduo inicial.

Segundo pesquisa realizada pela ABRELPE em 2009, 43,2% dos resíduos coletados no país ainda são destinados de maneira inadequada, sendo dispostos em lixões ou aterros controlados, que pouco se diferenciam de lixões, “uma vez que ambos não possuem o conjunto de sistemas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações”.

O problema da disposição final por vezes assume magnitude alarmante. Considerando apenas os resíduos urbanos e públicos, o que se percebe é uma ação generalizada das administrações públicas locais ao longo dos anos em apenas afastar das zonas urbanas o lixo coletado, depositando-o por vezes em locais absolutamente inadequados, como encostas florestadas, manguezais, rios, baías e vales. (Monteiro et. al., 2001)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2010, estimula que municípios com áreas mais adequadas para a instalação de unidades operacionais de disposição final às vezes podem se consorciar com cidades vizinhas para receber os seus resíduos, negociando algumas vantagens por serem os hospedeiros.

A comparação entre os dados relativos à destinação de resíduos nos anos de 2009 e 2010 na região Sul do Brasil, resulta no crescimento de cerca de 6,1% na destinação final de RSU em aterros sanitários. No entanto, no mesmo gráfico observa-se que 30,3% dos resíduos coletados ainda são destinados de maneira inadequada, sendo encaminhados para lixões e aterros controlados que, do ponto de vista ambiental, pouco se diferenciam de lixões, pois não possuem o conjunto de sistemas neces-

sários para proteger o meio ambiente de contaminações. Estes dados podem ser observados na Figura 1.

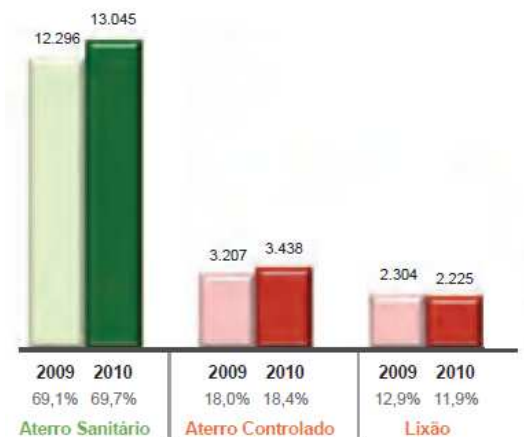


Figura 1 – Destinação final de RSU na Região Sul

Fonte: Pesquisa ABRELPE, 2010.

3.3. Resíduos Sólidos Urbanos

3.3.1. Definições

Segundo a norma brasileira NBR 10.004, de 2004 – Resíduos sólidos – classificação, resíduos sólidos são:

Aqueles resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível.

Essa definição torna evidente a diversidade e complexidade dos resíduos sólidos. Os RSU compreendem aqueles produzidos pelas inúmeras atividades desenvolvidas em áreas com aglomerações humanas do município, abrangendo resíduos de várias origens, como residencial, comercial, de estabelecimentos de saúde, industriais, da limpeza. (CASTILHOS JÚNIOR, 2003)

No caso dos resíduos comerciais, estes podem ser aceitos para coleta e disposição no aterro desde que autorizado pelas instituições responsáveis pelo GRSU. Ressalta-se que o gerenciamento de resíduos de origem não domiciliar, como é, por exemplo, o caso dos resíduos de serviço de saúde ou da construção civil, é de responsabilidade do gerador, estando sujeitos à legislação específica vigente. (CASTILHOS JÚNIOR, 2003)

Em pesquisa realizada em um bairro da periferia de Salvador, em entrevistas com treze mulheres, definiu-se de que lixo é tudo aquilo que não serve para ser utilizado e, portanto, aquilo que não pode constituir-se num produto de uso, venda ou troca, sendo que o que é lixo para uma pessoa, pode não ser lixo para outra (RÊGO et.al., 2002). As variadas definições de resíduos sólidos ressaltam a diversidade e complexidade dos mesmos.

3.3.2. Classificações

Há vários tipos de classificação dos resíduos sólidos que se baseiam em determinadas características ou propriedades identificadas. A classificação é relevante para a escolha da estratégia de gerenciamento mais viável. A norma NBR 10.004, de 2004, trata da classificação de resíduos sólidos quanto a sua periculosidade, ou seja, característica apresentada pelo resíduo em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, que podem representar potencial de risco à saúde pública e ao meio ambiente. De acordo com sua periculosidade os resíduos sólidos podem ser enquadrados como:

- *Classe I ou Perigosos:* São aqueles que, em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, podem apresentar risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices, ou riscos ao meio ambiente, quan-

do o resíduo for gerenciado de forma inadequada;

- *Classe II A ou Não- Inertes:* São os resíduos que podem apresentar propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água, com possibilidade de acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente, não se enquadrando nas classificações de resíduos Classe I – Perigosos – ou Classe IIB – Inertes;
- *Classe II B ou Inertes:* São aqueles que, por suas características intrínsecas, não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente, e que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10.007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. (CASTILHOS JÚNIOR, 2003)

Já a Política Nacional de Resíduos Sólidos, traz em seu Art. 3º algumas definições, dentre as quais está a de resíduos sólidos: “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água. ”

3.3.3. Composição

As características dos resíduos sólidos podem variar em função de fatores sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, ou seja, os mesmos aspectos que também diferenciam as comunidades entre si e as próprias cidades (MONTEIRO et. al., 2001).

Na pesquisa realizada em Salvador por Rêgo et. al. (2002), já citada, fezes humanas também eram consideradas resíduos sólidos, devido à ausência de sanitário nos domicílios, levando as famílias a acondicionarem as fezes em jornais e sacos plásticos, depositando-as juntamente com o lixo doméstico. Isso reflete uma variação da composição dos resíduos sólidos em relação aos aspectos citados anteriormente, pois o que é considerado como um constituinte do efluente doméstico por grande parte da população é considerado resíduo sólido por esta comunidade e por outras que vivem nas mesmas condições sanitárias.

Segundo Castilhos Júnior (2003) a composição dos RSU domésticos é bastante diversificada, compreendendo desde restos de alimentos, papéis, plásticos, metais e vidro até componentes considerados perigosos por serem prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública.

Já o critério de classificação quanto à natureza ou origem dos resíduos sólidos, considera cinco classes:

- *Resíduos Sólidos Domésticos ou Residenciais*: os resíduos gerados nas atividades diárias em casas, apartamentos, condomínios e demais edificações residenciais;
- *Resíduos Sólidos Comerciais*: os resíduos gerados em estabelecimentos comerciais, cujas características dependem da atividade ali desenvolvida;
- *Resíduos Sólidos Públicos*: os resíduos de varrição, capina, raspagem, etc., provenientes dos logradouros públicos, em geral resultantes da natureza, tais como folhas, galhadas, poeira, terra e areia, e também aqueles descartados indevidamente pela população, como entulho, bens considerados inservíveis, papéis, restos de embalagens, de alimentos, etc.;
- *Resíduos Sólidos Domiciliares Especiais*: este grupo compreende os entulhos de obras, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes e pneus;
- *Resíduos Sólidos de Fontes Especiais*: São resíduos que, em função de suas características peculiares, passam a merecer cuidados especiais em seu manuseio, acondicionamento, estocagem, transporte ou disposição final. Dentro desta classe de resíduos destacam-se os resíduos sólidos industriais, radioativos, de portos, aeroportos e terminais rododiferroviários, agrícola e proveniente de serviços de saúde. (MONTEIRO et. al., 2001)

3.3.4. Geração

A geração de resíduos sólidos sempre acompanhou a história do homem, já que sua geração é inevitável. “Na pré-história, o homem já se preocupava com essa questão, depositando seus resíduos em locais pré-determinados, o que pode ser constatado hoje em dia pelos depósitos denominados de sambaquis”. (GUIZARD, 2006).

Para Bidone (1999) apud Fadini e Fadini (2001), em um passado não muito distante, a produção de resíduos era de algumas dezenas de

quilos por habitante/ano. Entretanto, hoje, com a maioria das pessoas vivendo nas cidades e com o avanço mundial da indústria provocando mudanças nos hábitos de consumo da população, vem-se gerando resíduos sólidos diferentes em quantidade e diversidade.

A quantidade de resíduos produzida por uma população é bastante variável e depende de uma série de fatores, como renda, época do ano, modo de vida, movimento da população nos períodos de férias e fins de semana e novos métodos de acondicionamento de mercadorias, com a tendência mais recente de utilização de embalagens não retornáveis. (CUNHA; FILHO, 2002).

Na região sul do Brasil, a comparação entre os dados de 2010 e 2009 do Panorama dos Resíduos Sólidos, revela um crescimento de 2,3% no índice per capita de geração de RSU, que atingiu a marca de 0,879 kg por habitante por dia. (ABRELPE, 2010)

3.4. Sustentabilidade econômica dos serviços de limpeza urbana

3.4.1. Remuneração dos serviços

A sustentabilidade econômica dos serviços de limpeza urbana é um importante fator para a garantia de sua qualidade. Em quase todos os municípios brasileiros, os serviços de limpeza urbana, total ou parcialmente, são remunerados através de uma "taxa", geralmente cobrada na mesma guia do Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU, e podendo ter a mesma base de cálculo deste imposto, ou seja, a área do imóvel. (MONTEIRO et. al., 2001)

O Decreto nº 7.404, que regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos, determina os diversos instrumentos econômicos que podem ser utilizados (Art. 80). Também a Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, que institui as diretrizes da prestação dos serviços públicos de saneamento básico e a Política Federal de Saneamento Básico, determina em seu Capítulo VI, artigo 29, que haverá “para limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos: taxas ou tarifas e outros preços públicos, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou de suas atividades”.

Como não pode haver mais de um tributo com a mesma base de cálculo, essa taxa já foi considerada inconstitucional pelo Supremo Tribunal Federal, e assim sua cobrança vem sendo contestada em muitos municípios, que passam a não ter como arrecadar recursos para cobertura dos gastos dos serviços de limpeza urbana. (MONTEIRO et. al., 2001)

Parte significativa das carências no sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, que impedem que este serviço atinja a universalização, ou que os resíduos sólidos recebam tratamento e disposição final ambientalmente adequada, pode ser atribuída à falta de cobrança adequada pelos serviços, que pode ser encarada como uma das grandes debilidades da gestão de resíduos sólidos, uma vez que restringe os recursos disponíveis para a realização dos serviços. (MAGALHÃES, 2009)

Dito de outra forma, quando a taxa é recolhida através do IPTU, de forma independente do volume de resíduo produzido pelas famílias, há uma simples repartição dos custos entre os agentes dos serviços, tornando nulo o custo marginal de gestão e consequentemente, dispersando a responsabilidade dos agentes econômicos em reduzir na fonte o volume de resíduo gerado. Além de não incentivar mudança de comportamento aos que produzem os resíduos – com redução na fonte –, a taxa de limpeza urbana não vinculada ao volume de resíduo gerado deixa de implementar o princípio do poluidor-pagador quando não está associada ao custo social marginal de tratamento do volume de resíduo. No país, há, portanto uma pequena exceção de cidades que aplicam taxas proporcionais ao volume de resíduos recolhidos. (BRASIL, 2011)

Os serviços tipicamente de limpeza urbana, como, por exemplo, varrição, capina, poda, roçagem, raspagem de ruas e poda de árvores em vias e logradouros públicos não são divisíveis e devem ter seus custos, de acordo com a Constituição Federal, suportados pelo orçamento municipal. Tudo isso terá que ser remunerado diretamente pelo orçamento municipal, pois são despesas indivisíveis, não podem ser atribuídas especificamente a um ou a outro cidadão. (CAMPANI; NETO, 2009)

Ainda, segundo Campani e Neto (2009): “É importante que os recursos destinados ao pagamento desses serviços sejam claramente identificados no orçamento e não é aconselhável que sejam “embutidos” indevidamente na taxa ou tarifa de coleta, tratamento e disposição final, como já foi proposto por alguns. ”

As atividades de coleta, tratamento e disposição final são, essas sim, potencialmente mensuráveis e divisíveis, pois é possível atribuir uma quantidade de serviço prestado a cada usuário. A própria Lei estabelece

que o peso e/ou o volume podem ser considerados na fixação da cobrança. E, sem dúvida, a quantidade de resíduos coletada, o transporte, o transbordo eventual, o tratamento e a disposição final, devem ser a base de diferenciação dos custos entre os diversos usuários. (CAMPANI; NETO, 2009)

A Lei também admite que outros elementos, como o nível de renda da população da área atendida e as características dos lotes urbanos e as áreas que podem ser neles edificadas, sejam levados em consideração na definição das taxas ou tarifas, sugerindo a adoção de subsídios internos tão amplamente usados no segmento de água e esgoto e que estão na base de um sistema tarifário que, ao mesmo tempo, permite atender à população com menor poder aquisitivo e manter a sustentabilidade econômica da prestação dos serviços. Portanto, essas atividades dos serviços de manejo de resíduos sólidos podem e devem ser remuneradas por meio da cobrança de taxa ou tarifa. (CAMPANI; NETO, 2009)

Já os serviços especiais, como os de recebimento de resíduos de construção e demolição, de pequenos geradores, de resíduos volumosos, de resíduos de serviços de saúde, “devem ser cobrados de acordo com as características e quantidades, por meio de preços públicos”. (MAGALHÃES, 2009).

De um modo geral, a receita com a arrecadação da taxa, que raras vezes é cobrada fora do carnê do IPTU, representa apenas um pequeno percentual dos custos reais dos serviços, advindo daí a necessidade de aportes complementares de recursos por parte do Tesouro Municipal. O resultado dessa política é que ou os serviços de limpeza urbana recebem menos recursos que os necessários ou o Tesouro Municipal precisa desviar verbas orçamentárias de outros setores essenciais, como saúde e educação, para a execução dos serviços de coleta, limpeza de logradouros e destinação final do RSU. (MONTEIRO et. al., 2001)

Felizmente, o que se percebe mais recentemente é uma mudança importante na atenção que a gestão de resíduos tem recebido das instituições públicas, em todos os níveis de governo. Os governos federal e estaduais têm aplicado mais recursos e criado programas e linhas de crédito onde os beneficiários são sempre os municípios. Estes, por

seu lado, têm-se dedicado com mais seriedade a resolver os problemas de limpeza urbana e a criar condições de universalidade dos serviços e de manutenção de sua qualidade ao longo do tempo, situação que passou a ser acompanhada com mais rigor pela população, pelos órgãos de controle ambiental, pelo Ministério Público e pelas organizações não-governamentais voltadas para a defesa do meio ambiente. (MONTEIRO et. al., 2001)

Segundo o SNIS 2009, no diagnóstico sobre a situação dos resíduos sólidos no Brasil, apenas 50% dos municípios brasileiros afirmaram realizar cobrança pelos serviços regulares de limpeza urbana. Podem-se distinguir quatro situações: o nordeste com o índice mais baixo de cobrança, igual a 11,7% e bem distante da média nacional que é de 49,2%; o norte e o centro-oeste com índices de 28%, portanto bem superior ao do nordeste, mas bem inferior ao do sudeste que é de 56,4%; e, a região sul que fica o mais alto índice de cobrança do país, com 76,5%, já bem maior do que o índice do sudeste.

Dentre os municípios que discriminaram a forma de cobrança desses serviços regulares, verifica-se que a inserção de taxa específica no boleto do IPTU é a forma generalizada de execução, alcançando 91,2% dos casos. Em seguida figura a taxa específica no boleto do serviço de abastecimento de água com um indicador médio de 4,6%, seguido da incidência da taxa cobrada por outra forma (dentre as quais, “junto à ao boleto de energia elétrica”) que abrange 2,1% dos casos, índice bem próximo ao da incidência da taxa em boleto específico igual a 1,9%.

Apenas um município – Balneário Camboriú/SC – afirma cobrar através de tarifa, correspondendo a 0,1% dos casos. Interessante notar o relativo alto índice de cobrança através do boleto do serviço de água para a região centro-oeste – igual a 11,9% - e, embora bem menor, para a região sul, com 6,4% dos municípios, ambos os valores bem superiores aos das demais regiões. Por outro lado, vale ressaltar que, para as regiões norte e nordeste, o índice de cobrança através do boleto de água é nulo. (SNIS, 2009)

A Tabela 4 apresenta o sistema de remuneração do município de Florianópolis e as receitas e despesas do citado ano da pesquisa.

Tabela 4 - Receitas e despesas do município de Florianópolis/SC

Cobrança dos serviços			Receitas e despesas com serviços de limpeza urbana			
Regulares		Especiais	Receita arrecadada	Despesas, segundo o agente executor		
Existência	Forma	Existência		Total	Público	Privado
			R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano
Sim	Taxa no IPTU	Sim	29.476.574	92.699.325	80.428.494	12.270.831

Fonte: Adaptado de SNIS, 2009.

A Tabela 5 indica o índice de sustentabilidade do sistema de limpeza urbana de Florianópolis, apenas 31,8% dos custos é coberto pela arrecadação da TCL, o resto é mantido por verbas do Tesouro Municipal.

Tabela 5 – Sustentabilidade financeira do SLU em Florianópolis/SC

Incidência de despesas com RSU na PMF	Autossuficiência financeira	Despesa per capita com RSU	Receita arrecadada per capita com serviços de manejo
%	%	R\$/hab	R\$/habitante
13,3	31,8	234,04	74,4

Fonte: Adaptado de SNIS, 2009.

3.4.2. Custos Envolvidos nos Serviços de Limpeza Urbana

Pode ser definido como custo, o somatório dos insumos como mão de obra, energia, materiais, equipamentos, instalações, entre outros, avaliados monetariamente, que são considerados necessários para realização de determinado serviço ou operação. (IBAM, 2010).

Os custos podem ser classificados em:

- *Custos Fixos*: “englobam as despesas que, na prática, não variam com o nível de atividade da empresa ou com o grau de utilização dos equipamentos”. Pertencem a este grupo: depreciação dos veículos, remuneração do capital empregado nos veículos, seguros (inclusive seguro obrigatório), materiais de escritório, uniformes, consumo de água, energia elétrica, telefone, gás, etc.;
- *Custos Variáveis*: “são proporcionais à utilização dos equipamentos, como, por exemplo, à quilometragem percorrida pelos veículos.” Enquadram-se nesta categoria: combustíveis, peças de reposição dos caminhões, graxas, filtros, conjuntos de rodagem, etc. (IBAM, 2010)

A estrutura municipal que gerencia os serviços de limpeza urbana, “por se tratar de uma organização sem fins lucrativos, seu objetivo maior não está no lucro e, sim na excelência da prestação de um serviço essencial à saúde pública”. Sua atuação na limpeza pública e no manejo dos resíduos sólidos consiste de serviços indispensáveis à sobrevivência de uma comunidade saudável. (GONÇALVES, et. al., 2001).

Sendo assim, é indispensável que num sistema de gerenciamento de resíduos sólidos sejam gerenciados também os custos, focando a racionalização dos recursos orçamentário-financeiros, humanos e materiais, “em busca da maximização dos serviços e minimização do déficit público pertinente aos serviços de limpeza urbana”. (GONÇALVES, et. al., 2001).

Segundo Oliveira (2006):

Em se tratando de gestão de resíduos sólidos municipais a determinação dos custos é extremamente relevante para a determinação da eficiência e do desempenho do serviço prestado. Se o serviço é terceirizado, o acesso a esses números auxilia a prefeitura na determinação do valor a ser pago pelo serviço.

As pesquisas apresentadas pela ABRELPE em 2010 mostram o comparativo entre os custos da coleta de resíduos sólidos urbanos e dos demais serviços de limpeza urbana, por regiões do país. A Figura 2 mostra o panorama do país.

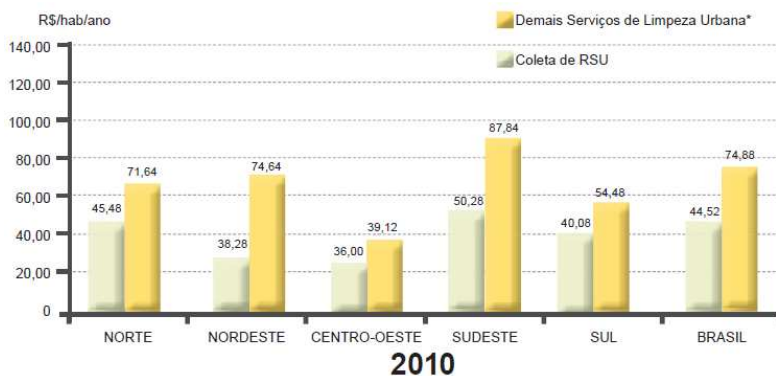


Figura 2 - Valores Médios por Habitante/ano Correspondentes aos Recursos Aplicados na Coleta de RSU e nos Demais Serviços de Limpeza Urbana

* Incluem as despesas com a destinação final dos RSU e com serviços de varrição, capina, limpeza e manutenção de parques e jardins, limpeza de córregos, etc.

Fonte: Pesquisa ABRELPE, 2010.

A Tabela 6 e a Tabela 7 mostram esses números para a região sul do Brasil, onde se pode observar que os serviços de limpeza urbana utilizam ligeiramente mais recursos que os serviços de coleta. O que de certa forma mostra que apenas a coleta quase atinge o custo de uma grande gama de outros serviços, indicando que a coleta ainda precisa evoluir em tecnologias de operação e gestão para baratear o sistema.

Tabela 6 – Recursos Aplicados na Coleta de RSU na Região Sul

População Urbana (hab)	Recursos Aplicados na Coleta de RSU (R\$ milhões/ano)	Valor Equivalente por Habitante (R\$/mês)
23.257.880	931	3,34

Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2010 e Censo 2010.

Tabela 7 – Recursos Aplicados nos Demais Serviços de Limpeza Urbana na Região Sul

População Urbana (hab)	Recursos Aplicados nos Demais Serviços de Limpeza Urbana (R\$ milhões/ano)	Valor Equivalente por Habitante (R\$/mês)
23.257.880	1.266	4,54

Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2010 e Censo 2010.

Já a Tabela 8 apresenta estes valores para o município de Florianópolis, objeto de estudo deste trabalho.

Tabela 8 – Despesas discriminadas do sistema de limpeza pública de Florianópolis/SC

Coleta de RS domiciliares e públicos			Coleta de RS de serviços de saúde			Varrição de logradouros públicos		
Total	Público	Privado	Total	Público	Privado	Total	Público	Privado
R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano
43.688.758	43.688.758	0	345.843	345.843	0	29.967.657	29.967.657	0

Fonte: Adaptado de SNIS, 2009.

3.4.3. Modelo de cobrança a partir de taxas

O Estado tem o poder de efetuar o lançamento de taxas, como forma de ser reembolsado pelos serviços públicos prestados aos contribuintes. O lançamento da taxa impõe a prestação de serviço público específico que beneficia o cidadão. (CAMPANI; NETO, 2009)

A taxa emerge, obrigatoriamente, a uma atuação do Estado, mediante a “contraprestação do exercício do seu poder de polícia” ou à prestação de serviço público específico e divisível. (ZANOTI; ZANOTI, 2011). Difere de outras modalidades de cobrança como o preço público ou a tarifa, na medida em que esses possuem natureza contratual, não obrigatória, de origem e caráter voluntário.

Segundo Zanoti e Zanoti (2011), “no momento em que o serviço público é colocado à disposição do contribuinte, nasce a obrigação tributária, independentemente da utilização ou não por parte daquele”. Sendo assim, consiste de um grande desafio a implementação da remuneração pela prestação desse serviço público, visto que a taxa deve ser cobrada de forma genérica, indistintamente, a todos os contribuintes.

Entretanto, esta exigência, conceitual e legal, “esbarra em relevante questão” que é a efetiva universalização dos serviços, ou seja, deve-se conhecer se “o Estado está cobrando a Taxa Remuneratória da Prestação de Serviços de Manejo de Resíduos Sólidos, efetivamente disponibilizando”.

Campani e Neto (2009) ressaltam que o Estado pode cobrar: “pelo serviço utilizado ou potencialmente utilizado, tendo este o aspecto de estar à efetiva disposição do munícipe pelo prestador do serviço, ainda que não obrigatoriamente utilizado, mas tendo que ser disponibilizado o serviço”.

Todavia, sendo a taxa um tributo, sua base de cálculo não pode ser idêntica à de outro tributo. Se a base de cálculo do IPTU é o número de metros quadrados do terreno mais a metragem da construção, não poderá ser essa a base de cálculo da taxa de coleta de lixo. Conforme já citado.

3.4.4. Modelo de cobrança a partir de tarifas

O sistema de cobrança dos serviços de manejo de resíduos sólidos por meio de tarifas é praticamente inexistente no Brasil, visto que implica na aferição do serviço utilizado. Neste tipo de cobrança, a divisão dos custos com os serviços de manejo de resíduos sólidos pode ser feita com base no peso dos resíduos sólidos dispostos à coleta pelo usuário, ou “seguir critérios de diferenciação na aplicação da tarifa unitária, de acordo com quantidades utilizadas do serviço e tipo de usuário, como se adota em quase todos os serviços de água e esgoto”. (MAGALHÃES, 2009).

A cobrança por meio de tarifa permite induzir menor geração de resíduos, por meio da cobrança, progressivamente maior pelos volumes ou massas maiores, por valores diferenciados de acordo com o tipo de usuário, permitindo gerenciar a demanda dos serviços pelo seu custo. (MAGALHÃES, 2009)

Desta forma, os usuários tendem a optar por “produtos que tenham menos embalagens, reutilizando materiais e segregando parte dos resíduos para reaproveitamento ou reciclagem.” (MAGALHÃES, 2009). Este sistema já é utilizado em alguns países, mostrando que é possível adotar mecanismos semelhantes no Brasil. Isto requer investimentos e um período de adaptação. Em acordo com a legislação pertinente, este modelo de cobrança poderá ser instituído, somente, mediante a hipótese de concessão ou permissão do serviço.

3.4.5. Modelos aplicados em alguns municípios brasileiros

- *Florianópolis (SC)*: O sistema de cobrança pelos serviços de manejo de resíduos sólidos é regulamentado pelas Leis Complementares nº 132, de 23 de dezembro de 2003 e nº 136, de 26 de março de 2004, as quais prevêm a forma de cobrança através da Taxa de Coleta de Resíduos Sólidos, além dos Decretos nº 2215 e nº 2250, de 2004, que dispõem também sobre a referida Taxa. A Taxa de Coleta de Resíduos Sólidos, incluída no carnê do IPTU, tem como fator gerador a utilização efetiva ou potencial do serviço público de coleta, transporte e destinação final de resíduos sólidos, prestados ao contribuinte ou postos à sua disposição. A taxa é calculada de acordo com a frequência da prestação dos

serviços, a natureza da ocupação e utilização dos imóveis, o número de economias autônomas existentes. (COMCAP, 2011) A frequência de coleta varia de 3 (três) a 6 (seis) dias na semana.

- *Rio de Janeiro (RJ)*: A Companhia de Limpeza Urbana da Cidade do Rio de Janeiro – COMLURB/RJ –, empresa de economia mista encarregada da limpeza urbana do Município, praticou, até 1980, a cobrança de uma "tarifa" de coleta de lixo – TCL –, recolhida diretamente aos seus cofres. O Supremo Tribunal Federal, entretanto, em acordo de 4/9/1980, decidiu que aquele serviço, por sua ligação com a preservação da saúde pública, era um serviço público essencial, não podendo, portanto, ser remunerado através de tarifa (preços públicos), mas sim por meio de taxas e impostos. No ano de 2000 a Prefeitura do Rio de Janeiro terminou com a taxa de limpeza urbana e criou a taxa de coleta de lixo, tendo como base de cálculo a produção de lixo per capita em cada bairro da cidade, e também o uso e a localização do imóvel. Conseguiu-se, com a aplicação desses fatores, um diferencial de sete vezes entre a taxa mais baixa e a mais alta cobrada no Município. (MONTEIRO et. al., 2011)
- *Cascavel (PR)*: A cobrança da Taxa de Lixo é realizada juntamente com a fatura da água. O munícipe que optar por esta forma de cobrança, recebe desconto de 2%, sendo que para que a mesma não seja realizada, o munícipe deve se manifestar junto à Prefeitura, “apresentando ainda a vantagem de custos quanto à emissão de boleto de cobrança”. O valor da tarifa é fixado conforme estimativa de geração de resíduos do imóvel, utilizando para tal, como parâmetro, a média de geração de resíduos sólidos de cada bairro, agrupados em 3 grupos (forma estabelecida para o ano de 2008): os que geram menos de 250 quilos ao ano, somando-se 14 bairros e distritos administrativos; os que geram de 250 a 500 quilos por ano, somando-se 17 bairros, e os que geram mais de 500 quilos por ano, em número de 5 bairros. (CAMPANI; NETO, 2009).
- *Fortaleza (CE)*: O valor da tarifa se baseia nos seguintes fatores: o volume de resíduos domiciliares gerados em cada

zona (25 zonas), as faixas de consumo de energia e a área edificada do imóvel. O valor médio da tarifa residencial é de R\$ 15,24/mês (AZEVEDO, 2004).

3.4.6. Modelos aplicados em outros países

A cobrança pelos serviços de coleta e destinação de resíduos sólidos no exterior é bastante diversificada, sendo que a maioria dos sistemas cobra pela quantidade de resíduos sólidos gerada em cada unidade habitacional, tendo como base de cálculo o peso ou o volume dos resíduos. “Um benefício deste modelo é o efeito redutor” da quantidade de resíduos sólidos gerados, favorecendo ainda a reciclagem. (LEITE, 2006).

“Diversos fatores tornam este sistema difícil de ser implementado na coleta domiciliar, pois a operação é complexa e os custos de aquisição de equipamentos são elevados.” (LEITE, 2006). Segundo Leite (2006), a cobrança baseada no volume de resíduos sólidos gerados é utilizada nos EUA e na Europa, apresentando-se de formas diversas, que em resumo podem ser classificadas em:

- *Cobrança Proporcional*: neste sistema o município adquire sacos de resíduos domiciliares (denominados “bags”) com tamanhos padronizados e específicos, junto ao administrador municipal ou pela empresa terceirizada, sendo que os custos relativos à operação do sistema já estão incorporados no valor do saco de resíduos domiciliares adquirido. Como forma de controlar o sistema, somente estes sacos padronizados são coletados;
- *Cobrança Variável*: nesta modalidade utilizam-se contêineres com pagamentos feitos de acordo com o volume do mesmo e da frequência de coleta;
- *Cobrança Mínima*: consiste do pagamento de um valor mínimo junto a outros impostos e taxas, que assegura ao município o serviço de coleta de resíduos.

Na Grã-Bretanha, é proibida a cobrança de taxa aos municípios para custear os serviços de coleta, tratamento e disposição final de resíduos. Entretanto, prestadores de serviços e geradores de resíduos comerciais precisam pagar pela disposição final dos mesmos. Além disso, os resíduos de embalagem já têm seus custos de coleta, tratamento e destino

final, embutidos no preço quando o usuário compra o produto. Em Austin, capital do Texas, os moradores pagam uma taxa mensal, de acordo com o volume do recipiente que escolhem para acondicionar os resíduos sólidos gerados. (LEITE, 2006).

Estados Unidos: As formas de cobrança nos EUA são similares das realizadas na Europa, e variam de uma localidade para outra (EPA, 1994). Nestes países é realizado o sistema de venda de sacos padrão, venda de etiquetas e rótulo, e o sistema de aluguel de contêineres ("Can") em função de seu volume e frequência de coleta, também são muito comuns. O custeamento dos resíduos pelo peso ainda é muito pouco utilizado, devido às varias dificuldades e complexidades de tal modalidade.

3.5. Relações entre o consumo de água e energia elétrica com a geração de resíduos sólidos

A geração de resíduos sólidos bem como o consumo de água e de energia elétrica pode variar de acordo com alguns fatores:

- *Renda da população*: quanto maior o poder aquisitivo maior a geração de resíduos com maior incidência de materiais recicláveis e pouca presença de matéria orgânica. (MONTEIRO, et. al., 2001). Quanto mais elevado o poder econômico e social da população maior a utilização de água resultante do emprego de máquinas de lavagem e outras aplicações que visam trazer conforto e facilidades. (TSUTIYA, 2006). “O consumo de energia elétrica tem sido usado com frequência como indicador do bem-estar de uma sociedade moderna”, sendo que quanto maior o consumo de energia elétrica, maior o nível socioeconômico da população. (TOLMASQUIM, et.al., 2008).
- *Condições climáticas*: no verão ocorre um aumento do teor de embalagens de bebidas (latas, vidros e plásticos rígidos) resultando num aumento da presença destes nos resíduos sólidos. (MONTEIRO, et. al., 2001). Nesta época também ocorre maior consumo de água para banhos e regas de jardins (TSUTIYA, 2006), bem como um aumento do consumo de energia elétrica

ocasionado pelo uso de aparelhos de ar condicionados e refrigeradores.

Vários estudos já foram realizados no Brasil com o intuito de correlacionar o consumo de água e/ou de energia elétrica com a geração de resíduos sólidos. ATHAYDE JÚNIOR, et. al. (2008) estudaram a taxa de geração per capita de resíduos sólidos domiciliares em edifícios residenciais localizados em bairros de classe média alta da cidade de João Pessoa, bem como o consumo de água e de energia elétrica. Os resultados mostraram que é possível a estimativa da quantidade de RSD gerada a partir de indicadores de consumo, sendo que o consumo de água mostrou-se mais adequado.

ATHAYDE JÚNIOR, et.al. (2008), justifica a relação entre consumo de água ou energia elétrica e a geração de resíduos sólidos:

Como a geração de RSD está diretamente relacionada com os hábitos de consumo da população, a mesma pode se relacionar com alguns indicadores de consumo/utilização de uma edificação, como por exemplo, os consumos de água e energia elétrica da edificação, dentre outros, além da própria população.

LEITE (2006) realizou levantamento de dados junto a domicílios, no município de Taiacu/SP, de informações referentes ao peso dos resíduos sólidos gerados por residência, consumo de água e de energia elétrica, a fim de investigar possíveis relações entre estes três fatores. Os resultados obtidos nesta pesquisa apontaram estreita relação entre o consumo de água e de energia elétrica com a geração de resíduos sólidos, sendo que o consumo de energia elétrica obteve maior valor de significância estatística.

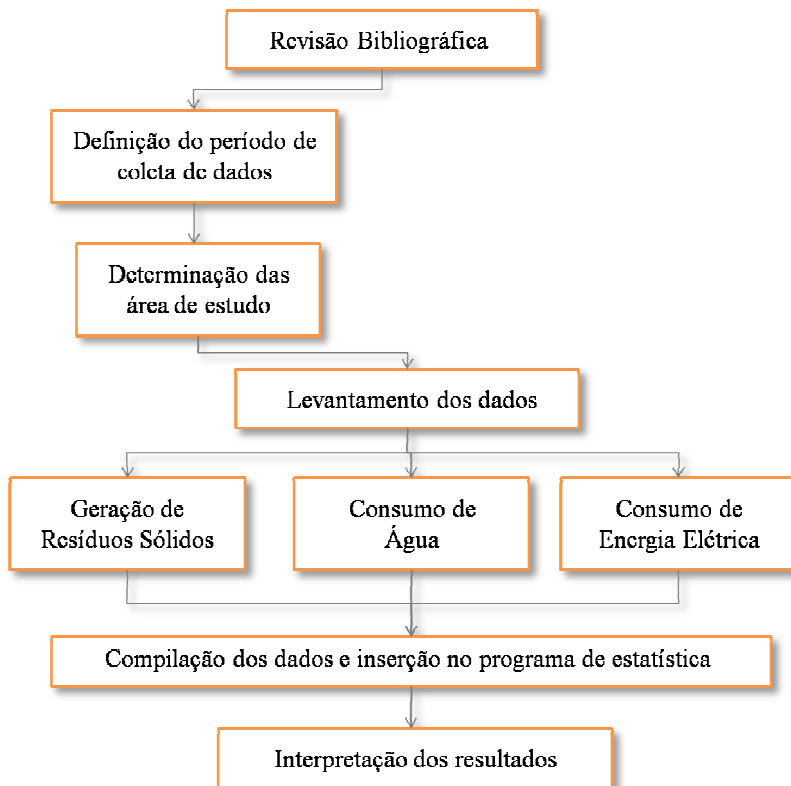
Na busca de verificar a possível vinculação entre o consumo de água e a geração de resíduos sólidos domiciliares, em estudo realizado no município de Mairinque-SP, com população de 50.000 habitantes, D'Elia (2000) apud LEITE (2006), constatou que os índices relacionais obtidos comprovam a relação existente entre a utilização da água e a geração de resíduos sólidos domiciliares. Estimando a geração de resíduos sólidos domiciliares a partir do consumo de água e de energia elétrica em quatro diferentes edifícios multifamiliares, localizados em diferentes bairros do município de João Pessoa, JUNIOR, et.al. (2008) apud LEITE (2006) constataram, a partir dos resultados, que é possível a correlação da geração de resíduos com o consumo de água.

A engenheira sanitaria e ambiental Karina de Silva de Souza, co-orientadora desta pesquisa e aluna do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGEA do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC, graduada pela mesma instituição, está desenvolvendo mestrado na temática deste trabalho. O objetivo de sua dissertação é de utilizar as relações existentes entre o consumo de água e o consumo de energia elétrica com a produção de resíduos sólidos domiciliares, que também serão determinadas por ela, a fim de propor uma nova base de cálculo para a determinação do valor da "tarifa de resíduos domiciliares" para o sistema público de gestão de Florianópolis.

Além disso, no Departamento supracitado, dois Trabalhos de Conclusão de Curso já foram apresentados nesta temática. Inclusive, a partir de conclusões e recomendações apresentadas pelos dois autores, Pablo Luiz Bortoly e Fábio Zavala Pauletto, é que foi dada a sequência nesta linha de pesquisa pela autora, aumentando o período de análise e as regiões de estudo, a fim de conclusões mais representativas.

4. METODOLOGIA

O Fluxograma 2 descreve, de maneira sucinta, os procedimentos adotados para planejamento e execução da pesquisa e os métodos que foram utilizados para que fosse testada a hipótese central.



Fluxograma 2 – Etapas da Metodologia

Fonte: A autora.

4.1. Definição do período de coleta de dados

A quantidade de resíduos produzida por uma população é bastante variável e depende de uma série de fatores, como renda, período do ano, modo de vida, movimento da população nos períodos de férias e fins de semana e novos métodos de acondicionamento de mercadorias, com a tendência de utilização de embalagens não retornáveis. (CUNHA; FILHO, 2002)

Sendo assim, para estudar a geração de resíduos sólidos com as outras duas variáveis são levantados dados durante o período de 50 (cinquenta) meses, equivalendo a uma série histórica de 4 (quatro) anos, iniciando em maio de 2007 e finalizando em junho de 2011. Desta maneira garantiu-se a abrangência de todas as estações do ano, períodos de férias e de festas comemorativas nacionais, que contribuem efetivamente para a variação da composição dos resíduos e no consumo de água e energia elétrica. Possibilitando também o estudo de tendências em longo prazo, considerando os quatro anos de dados e a garantia de melhor significância dos resultados, devido a uma amostra com maior número de dados.

Para elaboração do estudo foi prevista a adoção de pesquisa do tipo descritiva. Descrevendo relação entre as três variáveis sem manipulá-las; com técnicas padronizadas de coleta de dados de geração de resíduos, consumo de água e de energia elétrica dos bairros.

A pesquisa descritiva observa, registra, analisa e correlaciona fatos ou fenômenos (variáveis) sem manipulá-los. Busca descobrir, com a maior precisão possível, a frequência com que um fenômeno ocorre, sua relação e conexão com outros, sua natureza e suas características. Normalmente esses fatos e fenômenos, quando associados diretamente a uma população, não estão consolidados em documentos e os dados têm que ser coletados diretamente onde são encontrados, ou seja, na realidade natural da população pesquisada. (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2007)

4.2. Caracterização da área de estudo

4.2.1. O município de Florianópolis

O município de Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina, localizado na região geográfica Sul do Brasil, possui uma área superficial total de 451 km², dos quais 97% constituem a parte insular e 3% a parte continental. “O município se destaca pelas suas belezas naturais compostas por 42 praias, dunas, restingas e manguezais, razões pelas quais 42% do seu território estão consolidados como área de preservação permanente”. (PMF, 2010)

Nos últimos anos, Florianópolis tem ocupado um lugar de destaque no cenário nacional como uma das capitais de melhor qualidade de vida, apresentando IDH de 0,881, segundo o IBGE 2000, tornando-se, assim, pólo atrativo de grande número de pessoas que vêm em busca da “cidade ideal” para viver. “Para muitos, esses fenômenos distribuíram mais desordem do que organização, exigindo múltiplos ajustes, ampliando a demanda por serviços urbanos tais como saneamento básico, educação, saúde, energia, etc.” (PMF, 2010)

A taxa de crescimento anual da população do município é, em média, duas vezes superior a do Brasil, sendo que, nos últimos 10 anos, a população da cidade cresceu 3,31% ao ano, enquanto que no país a taxa anual de crescimento populacional foi de 1,64%. (PMF, 2010). A população atual de Florianópolis, segundo o Censo 2010 (IBGE, 2010), é de 421.203 habitantes, apresentando um crescimento populacional de 23%, quando comparado aos dados do censo 2000, onde foram contabilizados 342.315 habitantes.

O crescimento populacional resultou também em um aumento da geração de resíduos sólidos, da ordem de 47%, passando de 106.162 toneladas, no ano de 2000, para 155.771 toneladas, no ano de 2010. A geração per capita anual de resíduos sólidos também teve aumento de 19% no mesmo período, passando de 0,31 t/hab/ano, em 2000, para 0,37 t/hab/ano, em 2010. (COMCAP, 2011)

4.2.2. Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Florianópolis

O gerenciamento do manejo de resíduos sólidos urbanos e limpeza urbana no município de Florianópolis são de competência da Secretaria Municipal de Habitação e Saneamento Ambiental – SMHSA. Já a detentora da concessão dos serviços de limpeza pública em Florianópolis é a Companhia Melhoramentos da Capital – COMCAP, empresa de economia mista cuja acionista majoritária é a Prefeitura Municipal de Florianópolis.

nópolis (COMCAP, 2011). A COMCAP atende a população de Florianópolis com os seguintes serviços de limpeza urbana:

- *Coleta convencional de resíduos sólidos domiciliares*: realizado através do sistema porta a porta e dividido em 65 roteiros (setores) de coleta (31 no período matutino, 19 no período vespertino e 15 no período noturno), onde cerca de 98% dos moradores da cidade beneficiam-se deste serviço. Os 2% restantes, por residirem em locais de difícil acesso aos caminhões coletores, depositam seus resíduos sólidos em lixeiras comunitárias instaladas pela COMCAP.
- *Coleta seletiva de recicláveis secos*: atendendo aproximadamente 92% da população, sendo que, aproximadamente, 70% da população é atendida pelo sistema porta a porta e 22% através de ruas gerais ou depósitos comunitários. Para realização do serviço a cidade foi dividida em 30 roteiros (setores) de coleta (19 matutinos, 10 vespertinos e 1 noturno, no centro da cidade).
- *Coleta de resíduos de serviços de saúde*: coleta dos resíduos sólidos infectantes, exceto os caracterizados como grupo C pela Resolução CONAMA nº 358/2005, gerados pela rede municipal de assistência à saúde.
- *Remoção de “lixo” pesado*: consiste no recolhimento de resíduos volumosos tais como móveis velhos, fogões, colchões, etc. Este serviço é realizado uma vez por ano em cada bairro, seguindo uma programação estabelecida por um calendário anual.
- *Varrição*: realizada nas principais vias públicas de Florianópolis, como praças, ruas, avenidas, calçadas e terminais urbanos, removendo os resíduos sólidos de origem pública, a partir de 14 roteiros pré-determinados e organizados.
- *Limpeza de praias*: este serviço atende 43 balneários da cidade, principalmente na alta temporada de verão (dezembro à março) onde são realizadas as seguintes atividades: limpeza da orla, limpeza da restinga e varrição das ruas.
- *Outros*: remoção de entulho e de varrição com caixas estacionárias e caminhão caçamba; programa De Olho na Sujeira, que consiste na remoção de resíduos/entulhos em qualquer parte da cidade; capina mecanizada; capina manual; roçagem; limpeza de canais e valas a céu aberto; administração de estacionamen-

tos e sanitários públicos; limpeza em eventos, como festas populares e religiosas promovidos pela Prefeitura Municipal de Florianópolis. (COMCAP, 2011)

Os resíduos sólidos coletados no município pela coleta convencional ou pelos sistemas de limpeza pública são encaminhados para o aterro sanitário, de propriedade privada, da empresa Proactiva Meio Ambiente LTDA, localizado a 40 km do Centro de Transferência de Resíduos Sólidos – CTReS que está localizado no bairro Itacorubi, em Florianópolis, por onde passam todos os resíduos sólidos coletados no município. Já os resíduos recicláveis secos são encaminhados, às duas associações de triadores de materiais recicláveis - Associação de Coletores de Materiais Recicláveis - ACMR e Associação de Recicladores Esperança - ARESP, através de convênio celebrado entre as associações, COMCAP e Prefeitura Municipal de Florianópolis.

4.2.3. Bairros objetos de área de estudo

Os bairros escolhidos partiram de uma pré-seleção de acordo com a divisão socioeconômica ao qual pertencem, tendo-se como objetivo a escolha de uma amostra representativa para distintas condições econômicas a fim de que fosse observada a relação da classe social com a produção de resíduos pelas famílias e consumo de água e luz.

O segundo critério para definição das áreas de estudo foi o estudo das bases de dados de geração de resíduos, consumo de água e consumo de energia elétrica disponibilizadas pelas companhias responsáveis pelo fornecimento dos três serviços. Cada empresa possui seu sistema de informação e de armazenamento dos dados de acordo com a logística do serviço executado ou com a necessidade de controle destas informações, e o objetivo foi conciliar as três bases de dados no cruzamento das áreas escolhidas.

Desta forma, a coleta de dados baseia-se na divisão em quatro regiões de estudo. A localização das quatro regiões está ilustrada pela figura 3.



dia de renda per capita mensal desta região é de R\$658,75, valor próximo ao salário mínimo nacional. (IBGE, 2010)

4.2.3.3. Região 3 – Canasvieiras

A delimitação desta região está apresentada na figura 6.

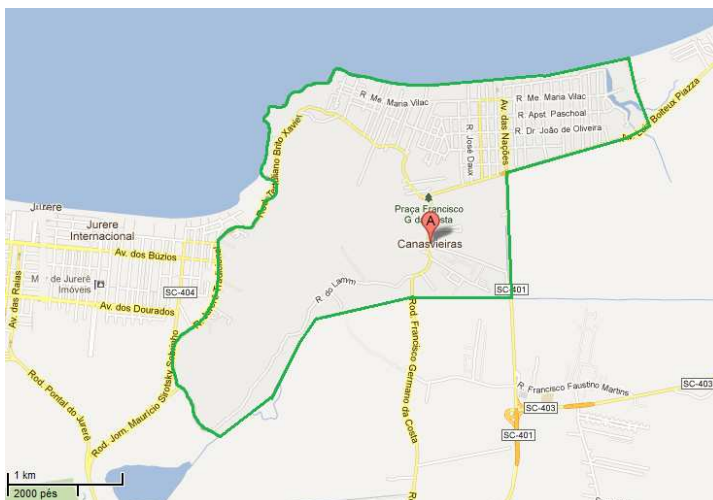


Figura 6 – Região 3: Bairro Canasvieiras

A intenção da escolha deste bairro para representar a região 3, foi o determinante caráter turístico que rege os hábitos do bairro. Conhecido por ser destino certo dos turistas de países vizinhos da América Latina, como Argentina e Paraguai, o bairro apresenta altos valores de população flutuante durante a temporada, podendo chegar a triplicar a população. (IPUF 2007)

A população fixa residente no bairro possui renda per capita mensal de R\$525,65, valor próximo dos bairros com menor renda da região 2. Sendo que o bairro Canasvieiras está dentro do distrito de Canasvieiras, no norte de Florianópolis. (IBGE, 2010)

4.2.3.4. Região 4 – Sambaqui e Santo Antônio de Lisboa

As delimitações desta região estão apresentadas na figura 7.

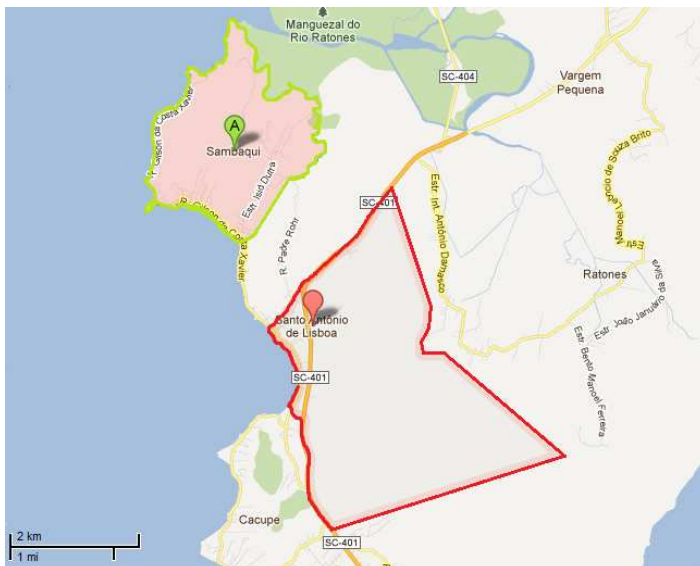


Figura 7 – Região 4: Bairros Sambaqui e Santo Antônio de Lisboa

Localizados no distrito de Santo Antônio de Lisboa, os bairros Santo Antônio de Lisboa e Sambaqui, da região 4 são tradicionais pela cultura e folclore locais.

A população e a área desta região são os menores de todas as outras e a renda média mensal per capita é de R\$702,55 nesta região. Sendo que esta região também possui concentração de restaurantes em zona gastronômica.

A tabela 9 resume os dados apresentados na caracterização das regiões.

Tabela 9 – Características dos bairros estudados

Bairro	nº Domicílios	Renda per capita mensal	
Região 1			
Abraão	1.618	R\$	751,27
Bom Abrigo	656	R\$	1.470,53
Coqueiros	4.175	R\$	846,91

Itaguaçu	643	R\$	1.290,93
Região 2			
Balneário	1.863	R\$	854,23
Coloninha	1.657	R\$	519,02
Estreito	2.267	R\$	731,39
Jardim Atlântico	3.493	R\$	530,34
Região 3			
Canasvieiras	1.531	R\$	525,65
Região 4			
Sambaqui	421	R\$	684,68
Santo Antônio de Lisboa	404	R\$	720,42

Fonte: IBGE 2010

4.3. Levantamento de dados

Foram levantados os dados, durante o período de quatro anos, correspondente a maio de 2007 até junho de 2011, do consumo de energia elétrica, do consumo de água e da geração de resíduos sólidos das regiões objeto de estudo. Os dados avaliados têm periodicidade mensal e foram cedidos pela CELESC, CASAN e COMCAP, respectivamente, a partir de autorização prévia por meio de solicitação via Ofício do professor orientador.

4.3.1. Dados de geração de resíduos sólidos domiciliares

Os dados em quilogramas coletados por mês nos bairros de estudo foram fornecidos pelo Departamento de Coleta de Resíduos Sólidos da COMCAP. Onde se tem acesso aos dados da coleta convencional e da coleta seletiva. A partir dos mapas dos roteiros pelos quais as coletas são divididas, é possível a seleção dos roteiros que correspondem às regiões de estudo. Para obter os dados das regiões que são compostas por mais de um bairro, os roteiros foram somados até que fosse abrangida toda a região requerida.

Em posse dos dados da coleta seletiva, observou-se a heterogeneidade deste tipo de coleta ao longo da série histórica, e optou-se por seguir as análises apenas para os quantitativos da coleta convencional. Visto que até mesmo o sistema de informações para os dados da coleta convencional está estruturado há um tempo maior, dando maior segurança quanto à confiabilidade dos valores.

Outra razão é devido a sua pequena participação dos resíduos recicláveis no peso total, que fica em torno de 1,98%, não contabilizando a quantidade de resíduos retirada pelos catadores de materiais recicláveis. (COMCAP, 2002)

4.3.2. Dados de consumo de água

Os dados mensais de consumo de água em metros cúbicos foram fornecidos pela Diretoria Regional da Região Metropolitana da grande Florianópolis, no setor de faturamento da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento - CASAN. O sistema de informações da CASAN divide a ilha em distritos, e posteriormente em setores. Da mesma maneira para o levantamento dos dados de geração de RSD, os setores apropriados aos bairros de estudo foram escolhidos e trabalhados pela Divisão de Informática da CASAN para a escolha dos dados bem representativos.

O sistema da CASAN não possibilitava a retirada de relatórios mensais por setores, por não ser uma prática de costume dos departamentos de faturamento. Então houve a necessidade de reprogramar o sistema para a emissão deste tipo de relatório, o que demandou tempo e trabalho do setor de informática. Após alguns meses de espera conseguiu-se o acesso total aos dados corretos de volume consumido mensalmente por todos os bairros estudados.

4.3.3. Dados de consumo de energia elétrica

Para levantamento de dados de consumo de energia elétrica mensal dos bairros escolhidos em quilowatt-hora, foi acionada a Divisão de Faturamento, do Departamento de Gestão de Clientes e Receita da CELESC. O banco de dados da Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. -

CELESC divide Florianópolis em etapas, e a escolha dos dados segue a mesma metodologia citada para os dados de RSD e consumo de água.

O atual sistema de dados da CELESC entrou em vigor em maio do ano de 2007, por este motivo o período de análises deste trabalho iniciou em maio, e não em janeiro, como era a proposta inicial da pesquisa.

4.4. Arranjo dos dados

Para que se possam comparar as análises estatísticas de todas as regiões os dados brutos foram transformados em dados per capita. Desta forma os resultados não dependem do número de habitantes existentes nos bairros e podem ser comparados de igual para igual entre os bairros.

Os dados não foram transformados em valores diários, visto que na prática o faturamento das taxas e tarifas é todo feito mensalmente, então não se viu vantagem em comparar as respostas em termos diários, somente em termos mensais.

Durante os meses de alta temporada - neste caso definidos dezembro, janeiro e fevereiro - foram consideradas as populações flutuantes descritas pelo estudo feito por Paulo Campanario ao IPUF em 2007. Os dados de população flutuante foram somados aos de população fixa nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro de todos os anos da série histórica de dados.

O IPUF apresenta neste estudo a projeção populacional para todos os bairros de Florianópolis, de 1990 a 2050. Pelo fato da população residente estar definida em um valor por ano, foi aplicada uma interpolação dos valores durante os meses do ano, para aproximar a realidade. Assim, não existe um salto de população de dezembro para janeiro do ano seguinte, por exemplo, que poderia gerar distorções nos resultados dos testes estatísticos, que são sensíveis a estas alterações.

As populações consideradas para a transformação dos dados para dados per capita estão apresentadas no quadro 1.

Quadro 1 – Populações utilizadas no cálculo per capita

Região	Bairros	2007	2008	2009	2010	2011
	Abraão	5.852	5.878	5.904	5.930	5.978
	Bom Abrigo	1.362	1.366	1.370	1.374	1.380

1	Coqueiros	5.585	5.592	5.600	5.607	5.645
	Itaguaçu	2.410	2.412	2.413	2.414	2.420
	Total de hab.	15.209	15.248	15.287	15.325	15.423
	Pop. flutuante	1.384	1.409	1.436	1.462	1.493
2	Balneário	6.918	6.969	7.020	7.072	7.132
	Coloninha	4.922	4.931	4.941	4.950	4.988
	Estreito	8.321	8.372	8.424	8.476	8.595
	Jardim Atlântico	6.939	6.939	6.940	6.940	6.969
	Total de hab.	27.100	27.211	27.325	27.438	27.684
	Pop. flutuante	2.474	2.519	2.566	2.613	2.670
3	Canasvieiras	13.997	14.462	14.943	15.440	15.728
	Total de hab.	13.997	14.462	14.943	15.440	15.728
	Pop. flutuante	41.249	43.266	45.383	47.603	49.206
4	Sambaqui	2.918	2.962	3.007	3.054	3.104
	Santo Antônio de Lisboa	1.892	1.973	2.059	2.147	2.224
	Total de hab.	4.810	4.935	5.066	5.201	5.328
	Pop. flutuante	1.087	1.129	1.172	1.217	1.262

4.5. Tratamento estatístico dos dados

O tratamento estatístico dos dados para a geração dos coeficientes de correlação entre as três variáveis e obtenção dos gráficos de comportamento das relações foi feito a partir do uso de um software de estatística, *STATISTICA® 8.0*. Para domínio do software, o professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC, Davide Franco foi acionado para orientações.

O software *STATISTICA®* é um programa integrado para gerenciar Análises Estatísticas e Bases de Dados, caracterizando uma ampla seleção do processo analítico, do básico ao avançado, sendo muito utilizado em diversas áreas, desde Ciências Sociais até as Engenharias. (OGLIARI, 2004)

4.5.1. Análises ao longo do tempo

Para as análises de distribuição dos dados ao longo do tempo, foram utilizadas as técnicas da estatística descritiva, principalmente por métodos gráficos disponíveis no software STATISTICA®, o que facilita a visualização dos resultados. Alguns dos módulos gráficos do software englobam os conceitos da estatística descritiva como: médias, medianas, percentis, dispersão, variâncias, desvio padrão, etc.

Estas análises se mostram úteis para avaliação da tendência de crescimento ou decréscimo de consumo de energia, consumo de água ou geração de resíduos per capita ao longo dos anos, tendo em vista o período de análise de 4 anos, em cada região analisada.

Outro objetivo é avaliar a distribuição e o comportamento dos dados ao longo de cada ano, a fim de identificar comportamentos sazonais de acordo com cada estação do ano.

Serão utilizadas então as plataformas gráficas para construção de:

- **Histograma:** É a representação gráfica de uma distribuição de frequência por meio de retângulos justapostos, contendo as classes de valores na abscissa e as frequências, absolutas ou relativas, nas ordenadas, centradas nos pontos médios. (MEDRI, 2011)

A figura 8 mostra um exemplo dos histogramas executados no software para análise das variáveis.

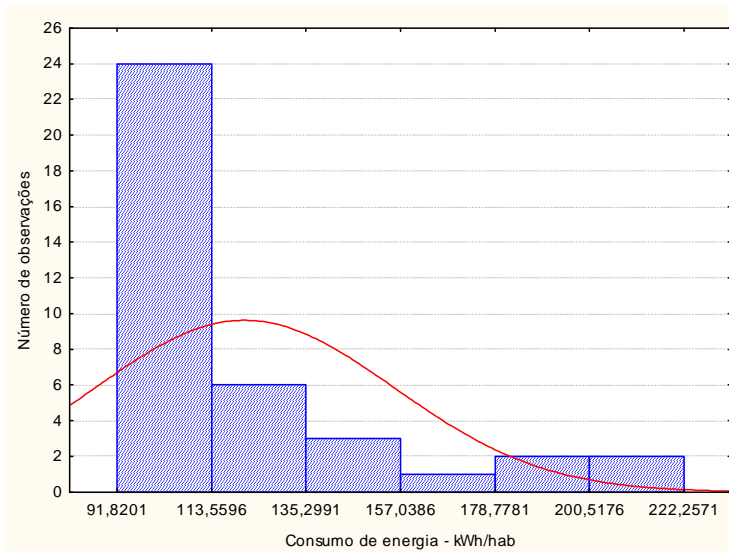


Figura 8 - Exemplo de Histograma

- **Diagrama de Dispersão:** Um diagrama de dispersão é simplesmente uma representação de pontos de dados em um gráfico X-Y. O eixo y é utilizado para representar a variável dependente que interessa a quem toma as decisões, enquanto o eixo x é para representar uma variável que pode ser controlada ou mediada por quem toma as decisões, chamada de variável independente. (MEDRI, 2011)

Dependendo das variáveis consideradas, a relação entre elas pode ser fortemente linear, não linear ou mesmo inexistente. Portanto, um diagrama de dispersão é uma primeira indicação útil da possível existência de uma associação entre duas variáveis. (OGLIARI, 2004)

A figura 9 mostra um diagrama de dispersão e a reta linear traçada.

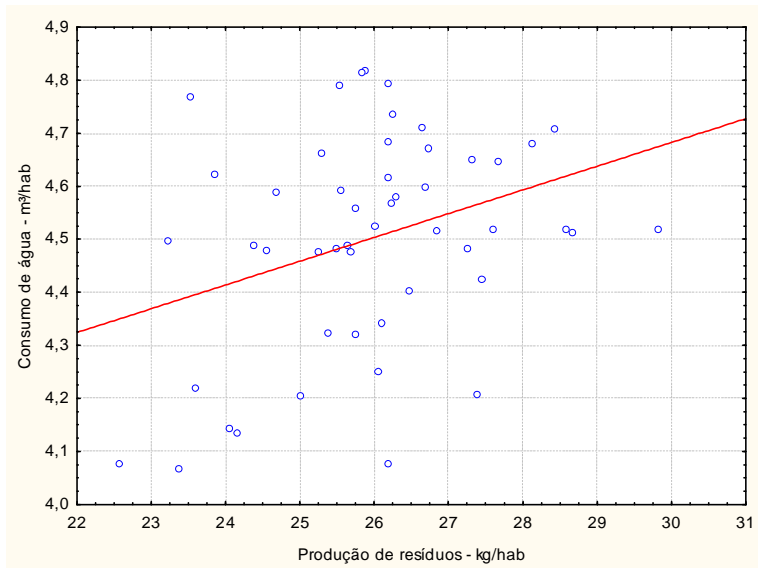


Figura 9 - Exemplo de diagrama de dispersão

- **Gráfico Normal de Probabilidades:** Representa a probabilidade acumulada que seria de esperar se a distribuição fosse normal, em função da probabilidade observada acumulada dos erros. A figura 10 mostra um gráfico normal de probabilidades importante para avaliação da normalidade das variáveis ao serem inseridas no modelo de regressão linear múltipla.

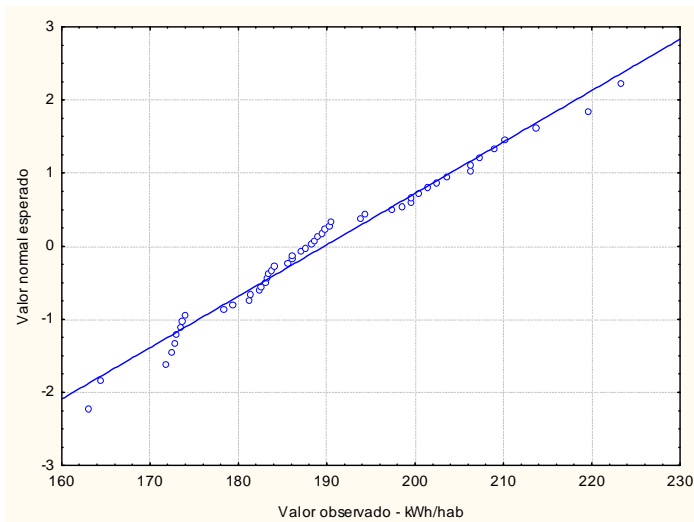


Figura 10 - Exemplo de gráfico normal de probabilidade

- **Desenho Esquemático ou *Box Plot*:** Em 1977, John Tukey publicou uma proposta que posteriormente foi reconhecida como sendo um eficiente método para mostrar cinco números que sumarizam qualquer conjunto de dados. O gráfico proposto é chamado de *Box plot* (também conhecido como *box and whisker plot*) e resume as seguintes medidas estatísticas: mediana, quantis superior e inferior e os valores mínimos e máximos.

O Boxplot possui as seguintes vantagens:

- Mostra graficamente a posição central dos dados (mediana) e a tendência;
- Promove algum indicativo de simetria ou assimetria dos dados;
- Mostra os outliers;
- Utilizando o Box plot para cada variável categórica de lado-alado no mesmo gráfico, pode-se facilmente comparar os dados.

Um detalhe do *Box plot* é que ele tende a enfatizar as caudas da distribuição, que são os pontos ao extremo nos dados. Também fornece detalhes da distribuição dos dados. Mostrar o histograma em conjunto com o *Box plot* ajuda a entender a distribuição dos dados, constituindo estes dois gráficos ferramentas importantes na análise exploratória. (OGLIARI, 2004)

A caixa, ou “Box”, contém 50% dos valores centrais. São valores que estão no padrão de variabilidade esperado. Acima destes, até 1,5 vezes o valor de amplitude da “box”, tanto para cima(positivos), como para baixo (negativos), encontram-se valores que ultrapassam os valores dos quartis, mas ainda estão dentro do previsível e representam a faixa apresentada como “non-outliers range”. (MEDRI, 2011)

Mais além, existem os valores “outliers” ou dispersos, os quais ultrapassam os limites esperados e mostram alguma disfunção na coleta para certo dia. Valores mais altos, completamente fora dos padrões são descritos como extremos e podem indicar possíveis disfunções na coleta de dados. Os quartis representam o valor no qual 25% estão abaixo do mesmo, para o caso do quartil inferior e, 75% dos valores estão abaixo do mesmo para o quartil superior. (MEDRI, 2011)

A figura 11 mostra um desenho esquemático de como funciona a distribuição dos dados ao longo do eixo no *Box plot*. A figura 12 é um exemplo de *Box plot* que será utilizado para avaliação da sazonalidade dos dados e para a identificação de pontos extremos nos dados.

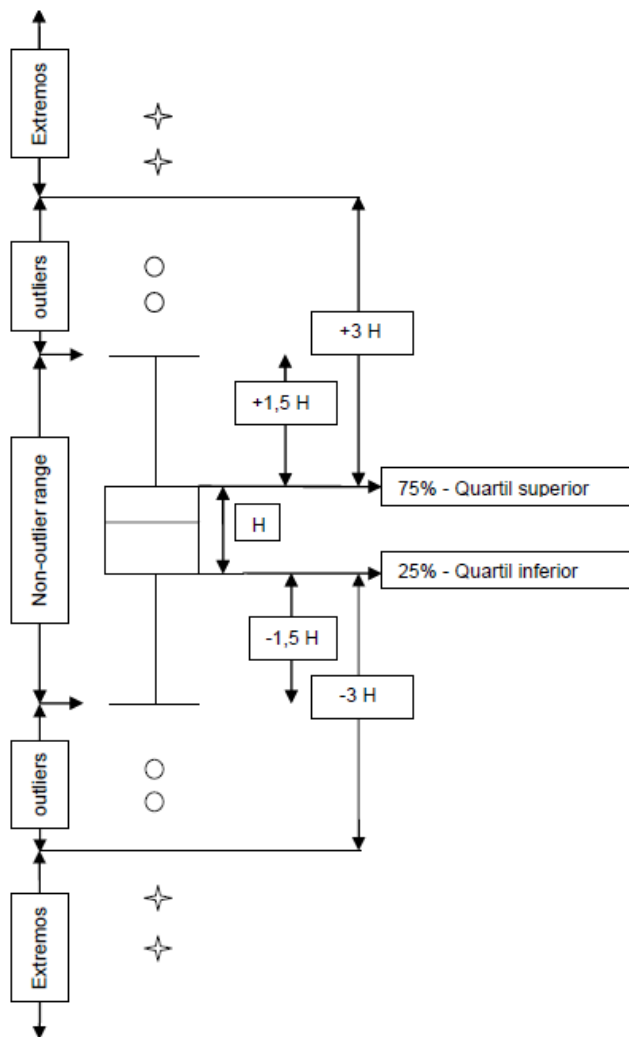


Figura 11 – Desenho Esquemático – Box plot

Fonte: (PAULETTO, 2010)

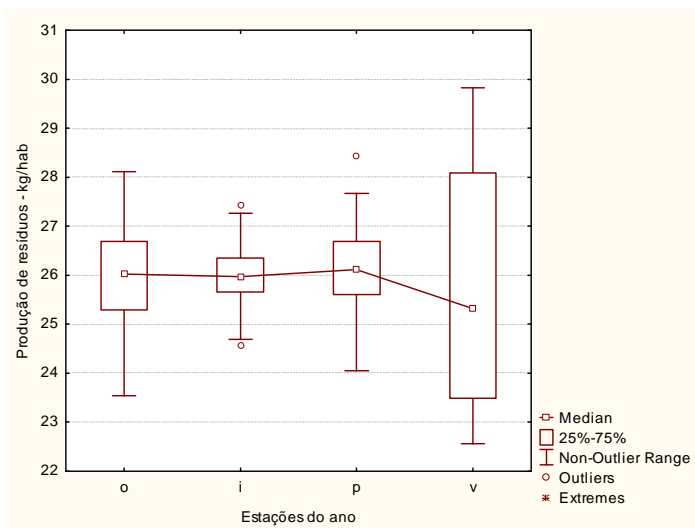


Figura 12 – Gráfico Box plot

4.5.2. Uso do Coeficiente de Correlação

Quando observada uma associação entre as variáveis quantitativas, é muito útil quantificar essa associabilidade. Existem diversos tipos de associação possíveis, e o caso mais simples, é o linear, quando a nuvem de pontos do gráfico de dispersão aproxima-se de uma reta e o valor da correlação varia de -1 a +1. Quanto mais perto destes extremos, maior é a correlação entre as variáveis. (BUSSAB; MORETTIN, 1998)

Deve-se frisar, entretanto, que um alto valor do coeficiente de correlação, embora estatisticamente significativo, pode não implicar em qualquer relação causa e efeito, mas simplesmente a tendência que aquelas variáveis apresentam quanto a sua variação conjunta. O coeficiente de correlação não pode, portanto, ser usado indiscriminadamente. (NETO; OLIVEIRA, 1994)

Segundo SOARES (1991), a observação de que duas grandezas tendem simultaneamente a variar no mesmo sentido não implica a presença de um relacionamento casual entre elas. Ao se analisar a correlação entre duas variáveis, a flutuação de uma terceira variável, a *variável intercorrente* pode estar ocasionando o resultado positivo entre as duas primeiras, originando a *correlação espúria*. Por isso, ao se utilizar um

coeficiente de correlação como medida de relacionamento, deve-se verificar a possibilidade de uma variável intercorrente estar afetando qualquer das variáveis em estudo. Isto se faz intuitivamente ou via regressão múltipla, que é a regressão aplicada a este trabalho.

4.5.3. Coeficiente de Correlação de Spearman

Este coeficiente é o mais antigo e também o mais conhecido para variáveis mensuradas em nível ordinal, chamado também de Coeficiente de Correlação por Postos de Spearman, designado “rho” e representado por ‘ ρ ’.

Segundo SIEGEL (1975), o Coeficiente de Correlação de Spearman é uma medida que exige que as duas variáveis se apresentem em escala de mensuração pelo menos ordinal, de forma que os elementos (indivíduos ou objetos) em estudo formem duas séries ordenadas.

Este coeficiente não possui sensibilidade a assimetrias na distribuição, nem à presença de *outliers*, não exigindo, portanto que os dados tenham distribuição normal, e os resultados apresentam uma medida de correlação direta entre as variáveis.

Nesta etapa primeiramente serão testados os coeficientes não paramétricos, depois serão feitas as transformações nos dados que não possuem distribuição normal para aplicar a regressão múltipla e comparar os coeficientes de correlação lineares com os não paramétricos.

4.5.4. Regressão Linear Múltipla de componentes principais

A regressão linear múltipla é uma técnica multivariada cuja finalidade principal é obter uma relação matemática entre uma das variáveis (a variável dependente) e o restante das variáveis que descrevem o sistema (variáveis independentes). Sua principal aplicação, após encontrar a relação matemática é produzir valores para a variável dependente quando se têm as variáveis independentes. Ou seja, ela pode ser usada na predição de resultados. (SOARES, 1991)

A Correlação Múltipla não é simplesmente a soma de correlações da variável dependente com as independentes tomadas separadamente GUILFORD (1950) *apud* LIRA (2004). Uma das razões é que as variáveis independentes são normalmente intercorrelacionadas, conhecidas

também como multicolineares. Quando as intercorrelações forem iguais a zero, então o quadrado do coeficiente de correlação múltipla será a soma dos quadrados dos coeficientes de cada variável independente com a dependente.

A Correlação Múltipla aumenta quando aumenta o tamanho da correlação entre as variáveis dependentes e independentes e quando o tamanho das intercorrelações entre as variáveis independentes diminui GUILFORD (1950) *apud* LIRA (2004) da mesma forma que a análise de correlação simples e a regressão simples estão ligadas, a correlação e regressão múltipla também estão.

A análise de regressão múltipla é tratada através do modelo linear geral:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad \text{(Equação 1)}$$

onde: \mathbf{Y} é o vetor das observações (respostas) de dimensão n ;

\mathbf{X} a matriz de dados de ordem $n \times p$;

$\boldsymbol{\beta}$ vetor dos parâmetros de dimensão p ;

$\boldsymbol{\varepsilon}$ vetor dos erros de dimensão n .

A primeira suposição para a utilização da Correlação Múltipla é que as variáveis sejam aleatórias. Como segunda suposição, deve-se considerar que as relações entre as variáveis sejam lineares e, finalmente, as variâncias sejam iguais (homocedasticidade) e as distribuições condicionais todas normais. (LIRA, 2004)

Seja Y a variável dependente e X_1 e X_2 as independentes. O modelo de regressão linear poderá ser escrito sob a forma:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad \text{(Equação 2)}$$

A estimativa do modelo poderá ser escrita na forma:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + \hat{\varepsilon}_i \quad \text{(Equação 3)}$$

Antes de utilizar um modelo de regressão múltipla para a estimação e predição da variável resposta é aconselhável saber a aplicabilidade de tal modelo. No estudo da regressão linear simples verificou-se que a utilidade do modelo (equação) de regressão pode ser avaliada através de

testes de hipóteses e do coeficiente de determinação. O raciocínio em tudo o que se segue é análogo ao utilizado para o modelo de regressão simples. (ESTEVES; SOUSA, 2007)

4.5.5. Teste F – Significância Estatística

A significância estatística dos resultados obtidos na Análise de Regressão deve ser estabelecida antes do uso de tais resultados numa previsão. A determinação dos coeficientes técnicos (b_1, b_2, \dots, b_k) é baseada simplesmente nas observações históricas. O propósito dos testes de significância estatística é determinar a confiança que pode ser depositada nos resultados da regressão e a sua aplicabilidade na população de valores possíveis. (SOARES, 1991)

Deve-se, então, verificar se as variáveis independentes contribuem significativamente para explicar a variação da variável-resposta Y . Quanto maior for esta contribuição, melhores serão os resultados da estimação e da predição.

As hipóteses a testar são:

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$ (hipótese nula)

$H_1: \beta_j \neq 0$ para algum $j, j = 1, \dots, k$, (hipótese alternativa) (NETO; OLIVEIRA, 1994)

A rejeição de H_0 implica que pelo menos um dos regressores x_1, x_2, \dots, x_k contribui significativamente para explicar a variação de Y . Caso não se rejeite H_0 , ter-se-á o modelo $Y = \beta + \epsilon$, O modelo diz-se não significativo e não deve ser utilizado.

Para analisar a significância do modelo, o raciocínio é análogo ao utilizado na regressão linear simples e baseia-se na partição da soma de quadrados, a identidade da análise de variância, $SQ_T = SQ_R + SQ_E$.

Onde: SQ_T é a soma de quadrados total, mede a variação total das observações em torno da sua média;

SQ_R é a soma de quadrados da regressão, mede a quantidade de variação da variável dependente explicada pela equação de regressão;

SQ_E é a soma de quadrados do erro (ou residual), é a variação devida ao erro, ou seja, mede a variação não explicada pelo modelo de regressão.

Por analogia ao que foi feito para a regressão linear simples, pode-se construir a tabela da ANOVA apropriada para este estudo:

Tabela 10 – Tabela da ANOVA para regressão linear múltipla

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Média Quadrática	F ₀
Regressão	k	SQ _R	MQ _R	MQ _R /MQ _E
Residual	n-p	SQ _E	MQ _E	
Total	n-1	SQ _T		

Sendo: $p = k + 1$, $MQ_R = SQ_R / k$ e $MQ_E = SQ_E / n - p$.

Fonte: adaptado de (ESTEVES; SOUSA, 2007)

Assim relativamente à regra de decisão sobre a hipótese: $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$ temos que se $f_0 > f_\alpha [k, n-p]$ então rejeita-se H_0 . Neste caso, conclui-se, ao nível de confiança de $(1-\alpha) \times 100\%$, que o modelo é significativo, isto é, que pelo menos um x_j , $j = 1, \dots, k$, contribui significativamente para explicar a variação de Y . (NETO; OLIVEIRA, 1994).

Este teste será executado no módulo de regressão múltipla do programa STATISTICA®, com auxílio da tabela de distribuição F de Snedecor.

4.5.6. Coeficiente de determinação

Este coeficiente é uma medida da proporção da variação da variável resposta Y que é explicada pela equação de regressão quando estão envolvidas as variáveis independentes x_1, x_2, \dots, x_k . Devido à identidade da análise de variância já se viu que $0 \leq R^2 \leq 1$. Contudo um grande valor de R^2 não implica necessariamente que o modelo de regressão seja um bom ajustamento, uma vez que a adição de uma variável aumenta sempre o valor deste coeficiente (a adição de uma variável ao modelo faz sempre com que a soma de quadrados da regressão aumente), sem ter em conta se a variável que se adiciona é, ou não, estatisticamente significativa. (ESTEVES; SOUSA, 2007)

Por este motivo R^2 não será um bom indicador do grau de ajustamento do modelo e, alguns investigadores preferem utilizar o coeficiente de determinação ajustado dado por:

$$R^2_{ajust} = 1 - \frac{SQ_E}{\frac{n-p}{SQ_T}} = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p}\right)(1 - R^2) \quad (\text{Equação 4})$$

onde: SQ_E é soma de quadrados do erro (ou residual), é a variação devida ao erro, ou seja, mede a variação não explicada pelo modelo de regressão;

SQ_T é a soma de quadrados total, mede a variação total das observações em torno da sua média.

Para ESTEVES e SOUSA (2007), este coeficiente dá uma melhor ideia da proporção de variação de Y explicada pelo modelo de regressão uma vez que tem em conta o número de regressores. Ao contrário do que acontecia com o coeficiente de determinação múltiplo, o R^2_{ajust} não aumenta sempre, quando uma nova variável é adicionada ao modelo. Este só aumenta se a adição da variável produz uma redução suficientemente grande na soma de quadrados do erro de maneira a que compense a perda de um grau de liberdade (resultante da adição da variável).

De fato, se forem adicionados termos desnecessários, o valor de R^2_{ajust} na maior parte dos casos decresce. Quando a diferença entre R^2_{ajust} e R é acentuada, há uma boa hipótese de que tenham sido incluídos no modelo termos estatisticamente não significativos. (ESTEVES; SOUSA, 2007)

4.5.7. Análise residual

De acordo com OGLIARI e PACHECO (2004) os resíduos consistem da diferença entre os valores observados e os estimados pelo modelo ajustado. Para a construção dos modelos de regressão linear devem ser consideradas algumas hipóteses relativas aos resíduos. Prioritariamente, os resíduos devem ser considerados independentes, com média zero, variância constante e devem ser normalmente distribuídos. Uma das formas de verificação é através de análises gráficas, a qual será utilizada para validação do modelo deste trabalho.

Os resíduos que se encontrem muito afastados dos extremos destas hipóteses poderão indicar a presença de *outliers*; isto é, observações que não seguem os “padrões” das restantes. Os *outliers* deverão ser examinados com muito cuidado, uma vez que podem representar erros, tais como; erros de registo, erros da própria natureza dos dados, ou outros mais ou menos graves. (ESTEVES; SOUSA, 2007)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Tendências ao longo da série histórica

O estudo e interpretação das tendências encontradas nos dados para a pesquisa permitem tirar algumas conclusões sobre o perfil de comportamento de cada região abordada.

Para que as tendências fossem encontradas, utilizou-se o método gráfico, onde traçados os dados ao longo do tempo, foi encontrada a equação da reta da distribuição, e a partir do coeficiente angular, foi determinada a taxa de crescimento dos dados ao longo dos anos. Este procedimento foi realizado para as três variáveis: produção de resíduos, consumo de energia e consumo de água, e para as quatro regiões.

Para ilustração do procedimento, temos a figura 13, que mostra acima do gráfico, a equação da reta e o coeficiente angular desta distribuição, que é a taxa de crescimento para a produção de resíduos da região 1. Lembrando que os dados de resíduos estão apresentados em quilograma por habitante.

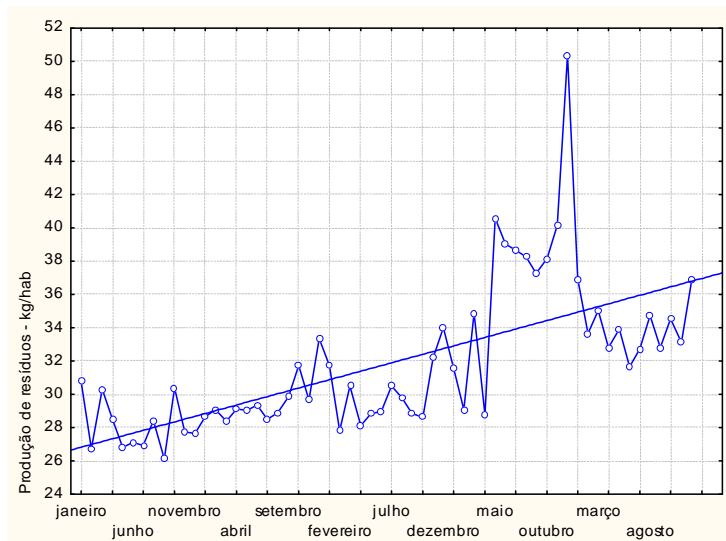


Figura 13 - Tendência de crescimento da geração de resíduos - região 1

O coeficiente angular encontrado representa um crescimento em quilogramas por mês, e para facilitar o entendimento, foi transformado para unidade anual. Os resultados estão resumidos da Tabela 11.

Tabela 11 - Resumo das tendências das variáveis estudadas

Região	Resíduos	Energia	Água
1	2,16 kg/ano	7,02 kWh/ano	87,60 litros/ano
2	-0,33 kg/ano	6,90 kWh/ano	3,60 litros/ano
3	5,43 kg/ano	6,11 kWh/ano	37,20 litros/ano
4	1,81 kg/ano	14,01 kWh/ano	60,00 litros/ano

De forma geral, não se obteve coincidência nas maiores taxas de crescimento para uma mesma região, cada variável foi destaque em crescimento ou decréscimo para alguma região específica. O que começa a dar indícios que cada região se comporta de uma maneira de acordo com as condições socioeconômicas e culturais, por exemplo, e também de acordo com a dinâmica do bairro.

Outra coisa que se pode avaliar foi que para uma mesma região, existe diferença na proporção de aumento do consumo de energia e de água, o que prova que as duas variáveis têm que ser analisadas de maneira específica quanto à sua correlação com a geração de resíduos, no momento dos testes estatísticos.

5.1.1. Tendência nos dados de geração de resíduos

A tabela 12 mostra o resultado das tendências da produção de resíduos ao longo do tempo para as quatro regiões.

Tabela 12 – Tendências para a variável produção de resíduos

Região	Resíduos	
1	2,16	kg/ano
2	-0,33	kg/ano
3	5,43	kg/ano
4	1,81	kg/ano

A região que apresentou maior tendência de crescimento per capita de geração de resíduos sólidos ao longo dos anos foi a região 3, que é representada pelo bairro de Canasvieiras. A região 2 permaneceu praticamente estável e as regiões 1 e 4 apresentaram leve tendência de crescimento.

A análise do âmbito dos resíduos compreende apenas os resíduos coletados pela coleta convencional, conforme já citado, a qual se espera que tenha redução ao longo dos próximos anos devido às mudanças de comportamento geradas pela consciência ambiental com relação à reciclagem. A tendência é que as pessoas passem a separar cada vez mais os resíduos com potencial de reciclagem e coloquem para a coleta seletiva, desviando em peso uma parcela da coleta convencional para a seletiva.

Porém, a série histórica abrangeu pouco período de tempo após a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, no final de 2010, então este decréscimo é uma expectativa futura. Mas, de fato, a região 3 (bairro Canasvieiras) que apresentou maior taxa de crescimento per capita, pode ter tal fato explicado pelo alto número de turistas que frequentam o local. A população flutuante, principalmente aquela ad-

vinda de outros países, por não conhecer as rotinas de coleta seletiva e reciclagem locais, pode vir a interferir nestes índices.

Conforme já citado, para tentar reduzir essa interferência da população flutuante heterogênea no bairro de Canasvieiras, foram excluídos das análises os dados de geração de resíduos, consumo de energia e consumo de água dos meses de verão, necessitando esta estação ser estudada de maneira específica. Mas, mesmo assim, existe ainda nas outras estações a presença de turistas no local, pelas características do bairro, que tornaram esta região um diferencial.

5.1.2. Tendência nos dados de consumo de energia elétrica

A tabela 13 mostra o resultado das tendências do consumo de energia elétrica ao longo do tempo para as quatro regiões.

Tabela 13 - Tendências para a variável consumo de energia elétrica

Região	Energia
1	7,02 kWh/ano
2	6,90 kWh/ano
3	6,11 kWh/ano
4	14,01 kWh/ano

A tendência de crescimento do consumo de energia elétrica tornou-se mais evidente na região 4, que é compreendida pelos bairros Santo Antônio de Lisboa e Sambaqui. Tal fato pode refletir o poder econômico superior desta região, e certamente os eletroeletrônicos entram nessa taxa de crescimento. A figura 14 mostra o gráfico de tendência ao longo da série histórica de energia para a região 4. Lembrando que os dados do consumo de energia estão em quilowatt-hora por habitante.

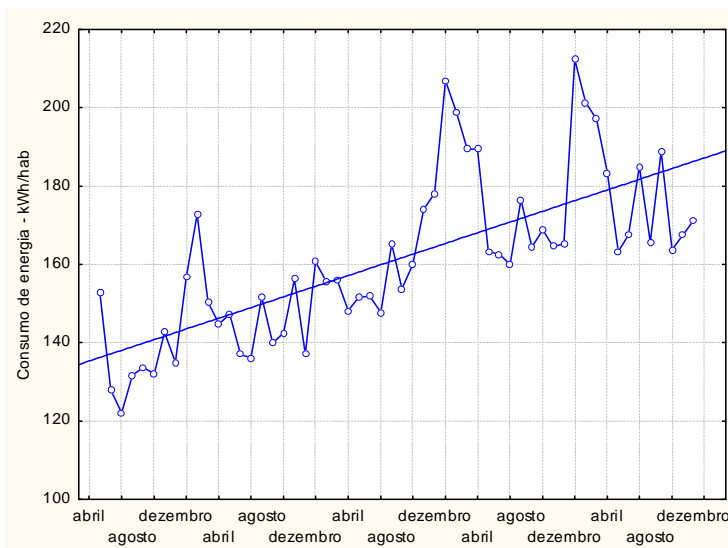


Figura 14 - Tendência de crescimento no consumo de energia - região 4

Além disso, a região é tradicionalmente uma zona gastronômica, e estes estabelecimentos comerciais, principalmente no verão podem explicar este aumento de consumo de energia ao longo dos anos. O que na realidade pode estar refletindo um consumo per capita de uma população flutuante do bairro, e não exatamente dos moradores fixos. Por essa possível influência nos dados, é que foram considerados os dados de população flutuante agindo nos meses de verão em todas as análises. Então o fenômeno é comum para todas as regiões.

Fora o destaque da taxa de crescimento da região 4, as demais regiões apresentaram crescimentos muito semelhantes. E pelo fato das análises representarem taxas per capita, não podemos desprezar esses resultados, sendo assim, todas as tendências serão retiradas dos dados para seguir com as análises estatísticas e não haver interferência desse tipo de variação na série histórica.

5.1.3. Tendência nos dados de consumo de água

A tabela 14 mostra o resultado das tendências do consumo de água ao longo do tempo para as quatro regiões.

Tabela 14 - Tendências para a variável consumo de água

Região	Água
1	87,60 litros/ano
2	3,60 litros/ano
3	37,20 litros/ano
4	60,00 litros/ano

As taxas de crescimento de consumo de água per capita ao longo dos anos não representam valores muito altos, visto que ficaram em menos de 100 litros de aumento por ano. A região com maior tendência de crescimento foi a região 1, que é representada pelos bairros continentais de maior poder econômico, Coqueiros, Abraão, Bom Abrigo e Itaguaçu. Já a região 2 que também é composta por bairros continentais obteve resultado praticamente desprezível do ponto de vista prático.

5.1.4. Retirada das tendências

No seguimento dos estudos estatísticos para explicação do comportamento das três variáveis, é necessário eliminar esta tendência apresentada no item 5.1 para que a variação não influencie os resultados.

Como a tendência se dá mensalmente, segundo o cálculo a partir do gráfico, ela deve ser multiplicada pelo número do mês a qual o dado se refere, e então o resultado desta multiplicação é subtraído do dado original, resultando no dado sem a tendência.

Este procedimento pode ser exemplificado pela tabela 15 que mostra apenas um pedaço dos dados para entendimento.

Tabela 15 – Método para retirada da tendência: resíduos da região 1

Resíduos região 1			
Mês	kg/hab	Tendência	kg/hab final

1	26,14	0,1796	25,96
2	26,48	0,3592	26,12
3	26,32	0,5388	25,78
4	27,80	0,7184	27,08
5	25,52	0,898	24,62
6	29,70	1,077	28,62
...

A figura 15 mostra o gráfico com a linha de tendência mostrando que após este procedimento, os dados passam a variar em torno da mesma média. Não havendo mais tendência de crescimento ao longo da série histórica. E então o coeficiente angular passa a ser um número que pode ser considerado zero.

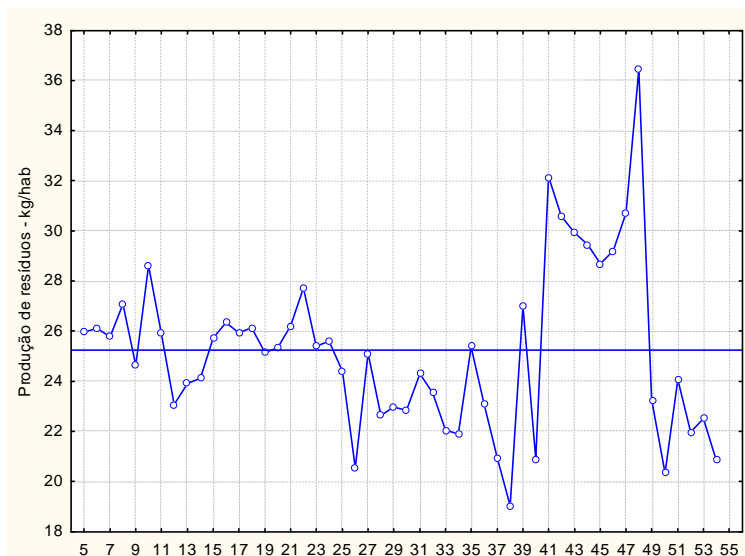


Figura 15 - Série histórica da produção de resíduos sem tendência - região 1

O processo de retirada da tendência foi replicado para as três variáveis das quatro regiões, analogamente. Os dados obtidos a partir dessa redução são os novos dados que seguem a partir deste passo para todos os seguintes.

5.2. Análise da distribuição ao longo do tempo

Neste tópico os dados serão abordados em sua totalidade, ou seja, em tempo corrido do mês 5 que representa maio de 2007 até o mês 55 que representa junho de 2011, ou seja, o período total de coleta de dados. Lembrando que os valores continuam sendo per capita, e agora sem as tendências. Nos gráficos da região 3, como foram retirados os meses de temporada, janeiro, fevereiro e março, a linha do tempo demonstra esse corte.

Este estudo ao longo do tempo se mostrou determinante para a avaliação da sazonalidade, pois mostra que de acordo com as estações do ano as variáveis se comportam de maneira específica, refletindo as condições climáticas e culturais de cada época do ano, de acordo com cada bairro.

5.2.1. Análise das curvas de geração de resíduos

A figura 16 mostra as linhas de distribuição da geração de resíduos mensal, per capita, para as quatro regiões de estudo. O eixo x, que mostra os meses correspondentes aos dados coletados, é traduzido pela tabela 16.

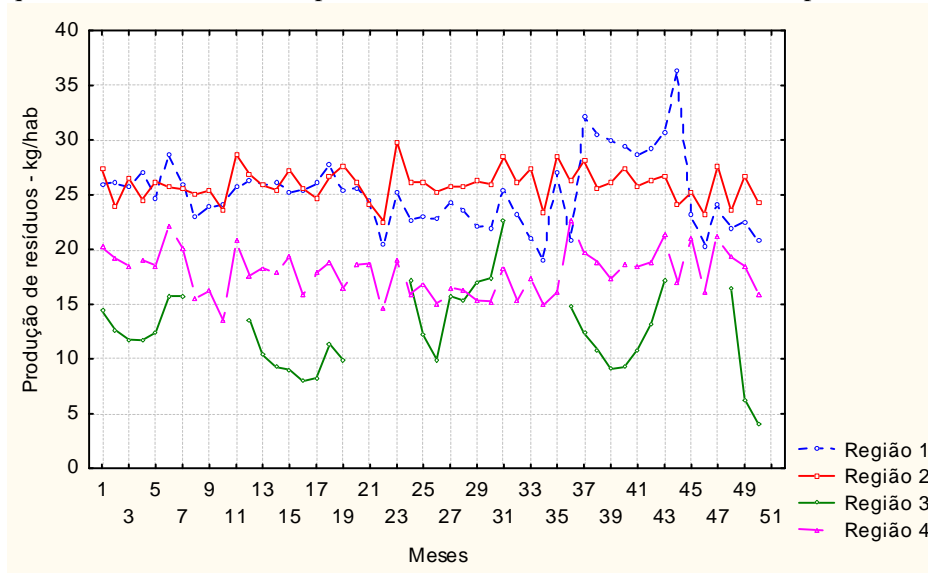


Figura 16- Série histórica da geração de resíduos por região

Tabela 16 - Legenda dos meses

Número	Mês correspondente	Número	Mês correspondente	Número	Mês correspondente
5	maio_2007	22	outubro_2008	39	março_2010
6	junho_2007	23	novembro_2008	40	abril_2010
7	julho_2007	24	dezembro_2008	41	maio_2010
8	agosto_2007	25	janeiro_2009	42	junho_2010
9	setembro_2007	26	fevereiro_2009	43	julho_2010
10	outubro_2007	27	março_2009	44	agosto_2010
11	novembro_2007	28	abril_2009	45	setembro_2010
12	dezembro_2007	29	maio_2009	46	outubro_2010
13	janeiro_2008	30	junho_2009	47	novembro_2010
14	fevereiro_2008	31	julho_2009	48	dezembro_2010
15	março_2008	32	agosto_2009	49	janeiro_2011
16	abril_2008	33	setembro_2009	50	fevereiro_2011
17	maio_2008	34	outubro_2009	51	março_2011
18	junho_2008	35	novembro_2009	52	abril_2011
19	julho_2008	36	dezembro_2009	53	maio_2011
20	agosto_2008	37	janeiro_2010	54	junho_2011
21	setembro_2008	38	fevereiro_2010		

A análise deste gráfico permite a observação da semelhança maior entre a região 1 e a região 2, que são as regiões continentais de Florianópolis, já a região 4 é bem semelhante à região 1, porém com valores menores per capita. Os padrões que mais se assemelham são os de geração da região 1 e 4. A região 2 apresentou um pico de valores que

representa boa parte do ano de 2010, o que de certa forma ocorreu também com a região 4, porém em menores proporções.

Os principais picos de geração estão nos meses de temporada, e destacam-se valores em outubro e março, que podem representar os momentos onde começam a entrar os valores de população flutuante, ou onde começam a se dissolver estes valores. Este fato pode representar uma falha nos valores de população flutuante considerados, ou até mesmo a necessidade de um controle mais rigoroso no estudo dos meses de verão, para que esta estação tão peculiar seja estudada por métodos específicos de controle, e separadamente das demais.

A tabela 17 mostra as estatísticas descritivas para a geração de resíduos nas quatro regiões.

Tabela 17 – Estatísticas descritivas para os dados de geração de resíduos

Geração de Resíduos em kg/hab.mês						
	Média	Erro Padrão da Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
Região 1	25,24	0,47	25,25	19,05	36,44	3,35
Região 2	25,95	0,22	26,03	22,56	29,82	1,53
Região 3	12,53	0,65	12,25	4,09	22,60	3,79
Região 4	17,90	0,29	18,31	13,59	22,71	2,08

Através da média e da mediana podemos comprovar a semelhança da grandeza dos valores da região 1 com a região 2, apesar da região 1 variar mais os valores. O maior valor apresentado entre todas as regiões foi em dezembro de 2010, para a região 1, o equivalente a 1,17 kg diários de resíduos produzido por habitante nos bairros de Coqueiros, Abraão, Bom Abrigo e Itaguaçu.

A região 3 apresentou valores distintos das demais para todas as estatísticas, valores abaixo do esperado, evidenciando que não deve ser agregada as demais para a montagem de modelos globais de regressão, e provando que pela dinâmica do bairro realmente ele deve ser analisado separadamente, e com métodos de medição de população mais severos. Ou então outra solução para análise da dinâmica de um bairro tão turístico, pode ser a análise dos valores brutos, sem a transformação em per capita. O valor baixo também pode dar um indicativo de que a população residente fixa no bairro de Canasvieiras nos meses de baixa temporada é inferior ao apresentado nas bibliografias.

Em estudo de caracterização dos resíduos sólidos da capital, a COMCAP em 2002 encontrou valores médios de 0,77 kg/hab de produção diária de resíduos convencionais. Essa média equivale a aproximadamente 23 kg/hab mensais, valor bem próximo do encontrado para as regiões 1 e 2. Este estudo relata também que houve dificuldade na determinação da população flutuante, o que pode ter ocasionado imprecisão nos dados per capita, visto que não há fontes precisas do número de pessoas que passam pelos bairros apenas temporariamente.

O aumento da produção per capita na alta temporada (0,87 kg/hab.dia), com relação à baixa temporada (0,77 kg/hab.dia), considerando a média anual, pode ser causa da imprecisão na determinação do aumento populacional no verão. Essa imprecisão justifica-se devido a variação do número de usuários de uma ligação elétrica, que não necessariamente é uma residência, mas sim pode ser uma pousada ou hotel por exemplo.

Também se deixou de contabilizar aquelas pessoas que somente passam o dia em determinada região, sem estar necessariamente residindo temporariamente na mesma. Outra causa possível do aumento da produção *per capita* é o aumento na geração de resíduos sólidos urbanos devido ao maior poder de compra dos turistas. (COMCAP, 2002)

5.2.2. Análise das curvas de consumo de energia elétrica

A figura 17 mostra as linhas de distribuição do consumo de energia elétrica mensal, per capita, para as quatro regiões de estudo. O eixo x, que mostra os meses correspondentes aos dados coletados, é traduzido pela tabela 13 já apresentada anteriormente.

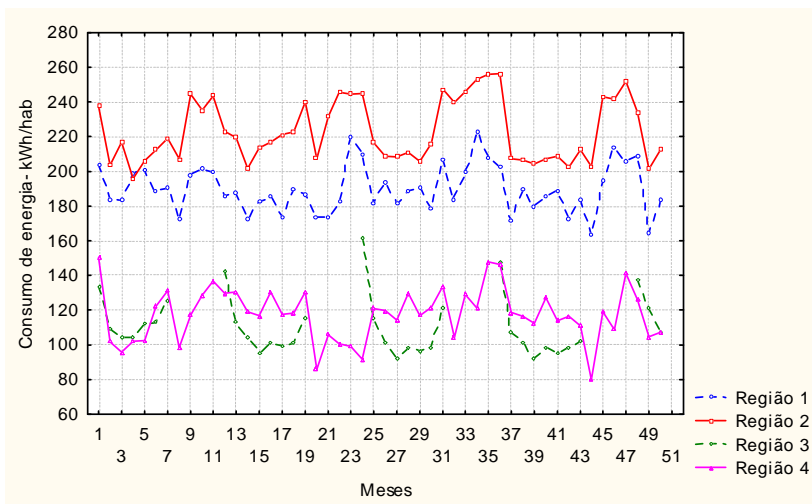


Figura 17 - Série histórica do consumo de energia elétrica por região

Analogamente à geração de resíduos, a região 1 e a região 2 mostram-se com os maiores valores per capita de consumo de energia elétrica mensal ao longo da série histórica estudada, em termos diários, o equivalente a 6,5 kWh por habitante. A região 3 e a região 4 apresentaram ordens de grandeza de consumo semelhantes, inferiores às regiões 1 e 2, com média de consumo em torno de 3,5 kWh diário por habitante.

Os picos para todas as regiões estão nos meses de verão, janeiro, fevereiro e março, e os menores consumos estão nos meses de inverno como julho e agosto e também algumas ocorrências em dezembro.

A região 3 apresentou os maiores valores em todos os meses de abril da série histórica. O maior valor encontrado entre todas as regiões se deu em abril de 2010 da região 2, que é compreendida pelos bairros continentais Estreito, Balneário do Estreito, Jardim Atlântico e Colônia. A região 1 possui a menor variância, e a região 2 a maior variância dos dados. A tabela 18 mostra o resumo das estatísticas descritivas para o consumo de energia das quatro regiões.

Tabela 18 - Estatísticas descritivas para o consumo de energia

Consumo de Energia Elétrica em kWh/hab.mês

	Média	Erro Padrão da Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
Região 1	189,72	1,94	188,01	163,11	223,29	13,74
Região 2	223,07	2,53	216,68	195,70	256,13	17,90
Região 3	110,78	2,90	104,21	91,82	161,99	16,90
Região 4	117,42	2,17	117,91	79,97	150,31	15,35

Segundo dados da CELESC, o consumo médio por domicílio em Santa Catarina fica em torno de 200 kWh/mês, o que pode representar um consumo de energia elétrica diário per capita de aproximadamente 2 kWh. Na pesquisa de BORTOLY, em 2009, os resultados ficaram próximos de 4 kwh/hab.dia, e para PAULETTO, em 2010, ficou entre 3 e 4kWh/hab.dia. Os valores para as regiões 1 e 2 ficaram acima destas médias.

5.2.3. Análise das curvas de consumo de água

A figura 18 mostra as linhas de distribuição do consumo de água mensal, per capita, para as quatro regiões de estudo. O eixo x, que mostra os meses correspondentes aos dados coletados, é traduzido pela tabela 13 já apresentada.

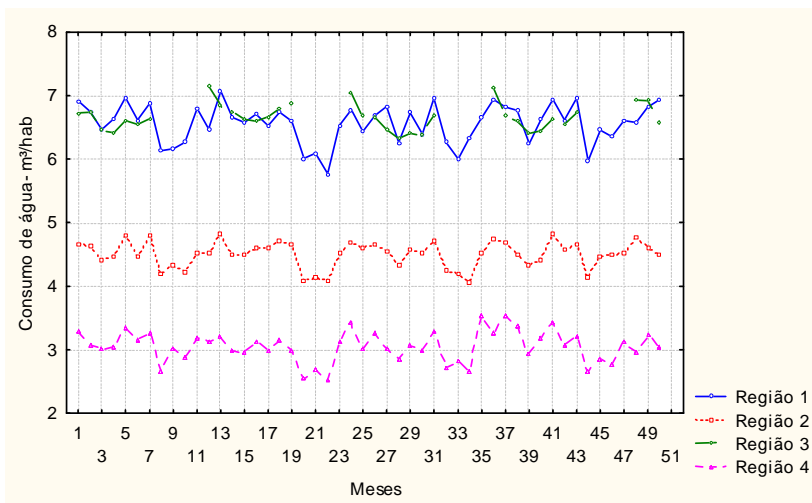


Figura 18 - Série histórica do consumo de água por região

Os dados de consumo de água apresentaram uma propriedade muito interessante, uma variância muito pequena, que pode ser comprovado pela tabela 16. Para o caso do consumo de água, a região 1 e a região 2 que haviam apresentando semelhanças na ordem de grandeza dos valores, apresentaram maior diferença neste caso. A região 1 se aproximou dos dados da região 3, que é representada pelo bairro de Canasvieiras. E a região 2 ficou com valores intermediários, estando a região 4, que são os bairros Santo Antônio de Lisboa e Sambaqui, apresentou os menores valores per capita de consumo de água mensal.

Neste caso, os dados estão regulares, e não seguem padrões muito diferentes, ficando evidente a possibilidade de um modelo global onde são unidas as regiões 1, 2 e 4, não podendo ser agregada a região 3 devido aos meses de verão que foram retirados.

Tabela 19 - Estatísticas descritivas para o consumo de água

Consumo de Água em m³/hab.mês						
	Média	Erro Padrão da Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
Região 1	6,57	0,04	6,62	5,77	7,07	0,31
Região 2	4,50	0,03	4,52	4,07	4,82	0,20
Região 3	6,67	0,04	6,64	6,32	7,15	0,21
Região 4	3,05	0,03	3,06	2,51	3,54	0,24

A maior média de consumo per capita é a da região 3, que equivale em termos diários a aproximadamente 220 litros por pessoa, acima da média divulgada pela CASAN, que é em torno de 150 litros por pessoa diariamente. Os menores valores ficaram distribuídos principalmente em fevereiro, e os maiores valores de consumo ficaram em meses de outono, como abril e maio.

Os resultados para as quatro regiões variam entre 100 e 220 litros diários por habitante, valor que figura próximo da média também dos trabalhos de BORTOLY e PAULETTO, de 2009 e 2010 respectivamente, correspondentes a estudos para Florianópolis.

5.3. Estudo da Sazonalidade

Os gráficos que serão apresentados a seguir objetivam evidenciar a necessidade de análises de correlação entre as três variáveis estudadas separadamente para cada estação do ano. A análise dos gráficos *Box plot*, ou desenho esquemático, ajuda a enxergar onde está a mediana dos valores, o tamanho das caudas de distribuição e a variação, por exemplo. A confirmação da ocorrência de influência sazonal na resposta para as três variáveis irá respaldar os testes de correlação.

Neste tópico será apresentado um gráfico para cada região de estudo, contendo os dados divididos em estações do ano. Cada caixa representa o conjunto de dados correspondentes à estação do ano encontrado dentro da série histórica, aproximadamente quatro ocorrências por caixa, tendo em vista os quatro anos disponíveis de dados.

Lembrando que os gráficos para a região 3 terão apenas três estações do ano, visto que não estão sendo trabalhados para esta região os dados dos meses de verão, devido ao intenso fluxo de população flutuante em Canasvieiras na temporada, o que dificultou o encontro de valores adequados para representar este fenômeno.

As convenções utilizadas são mostradas na tabela 20.

Tabela 20 – Convenções utilizadas para os gráficos de sazonalidade

Mês	Estação do ano	Sigla
Janeiro	Verão	v
Fevereiro		
Março		
Abril	Outono	o
Mai		
Junho		
Julho	Inverno	i
Agosto		
Setembro		
Outubro	Primavera	p
Novembro		
Dezembro		

5.3.1. Sazonalidade na geração de resíduos

As figuras 19, 20, 21 e 22 representam os gráficos com estudo de sazonalidade para a variável geração de resíduos sólidos per capita mensais, cada um para uma região.

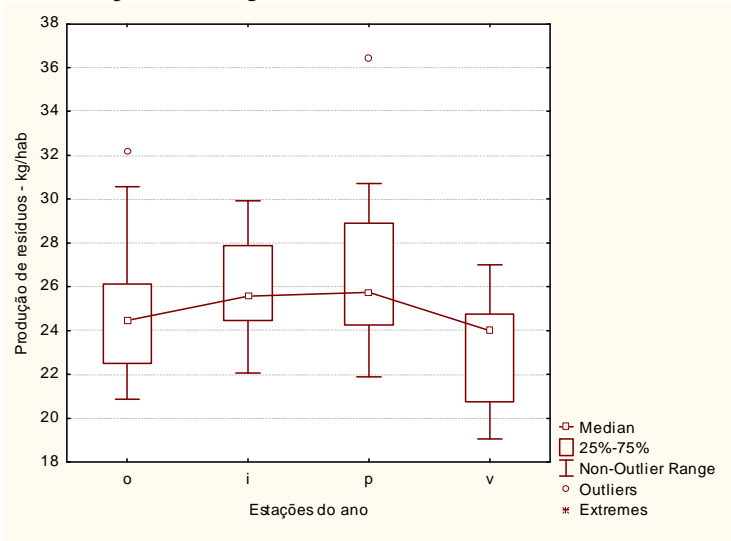


Figura 19 – Desenho esquemático das estações do ano: Resíduos região 1

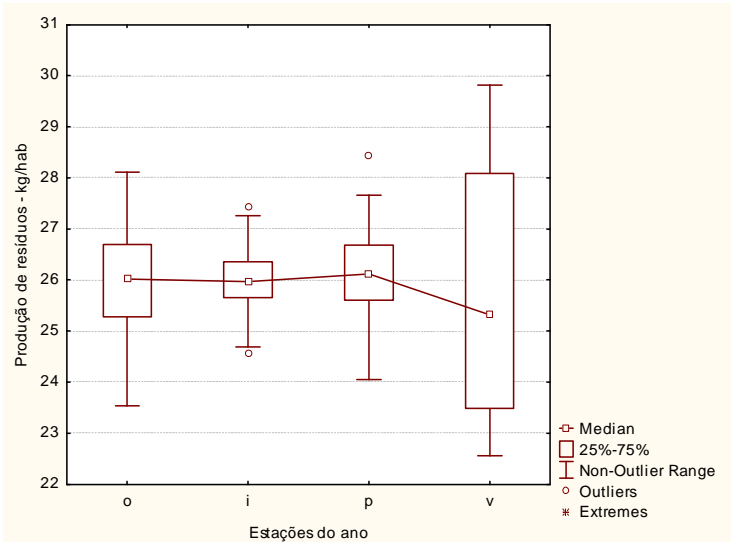


Figura 20 - Desenho esquemático das estações do ano: Resíduos região 2

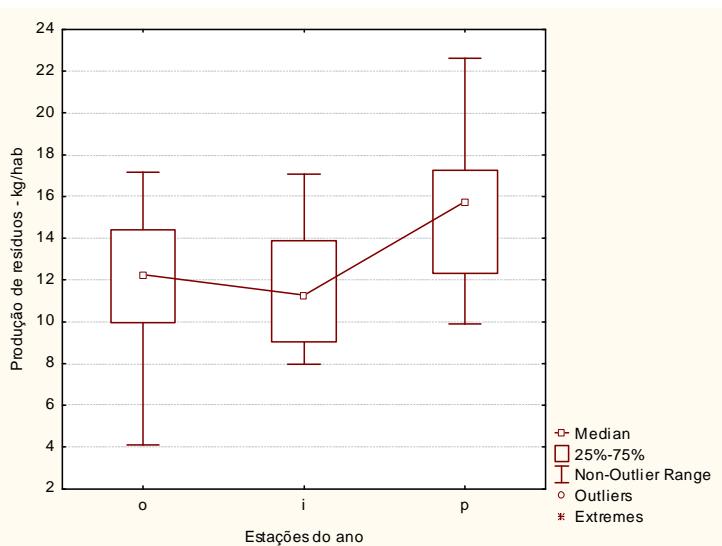


Figura 21 - Desenho esquemático das estações do ano: Resíduos região 3

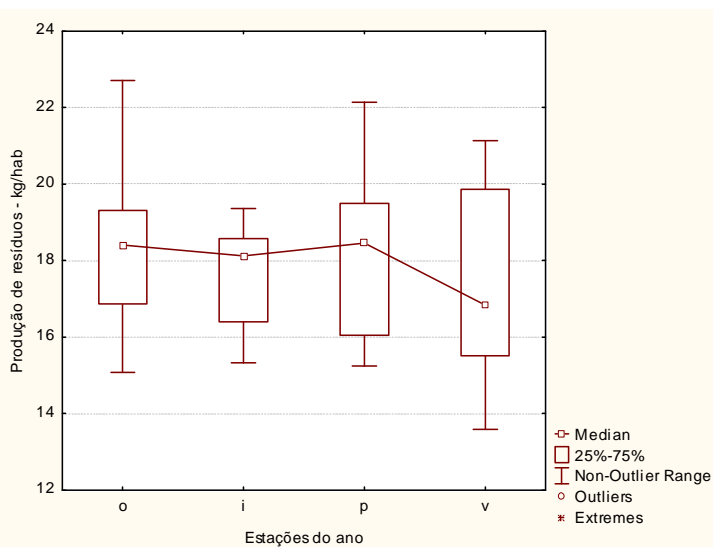


Figura 22 - Desenho esquemático das estações do ano: Resíduos região 4

Analisando as quatro regiões, pode-se perceber um destaque para maiores medianas na primavera, e menores no verão, o que pode evidenciar até mesmo um período de férias, onde os moradores deixariam o bairro para se dirigir às praias, por exemplo. Tanto que na região 3, que é o bairro Canasvieiras, não pudemos observar o verão, pois não está sendo analisado, mas neste bairro o inverno apresentou valores bem menores de produção de resíduos comparado à primavera, por exemplo. Ou então pode estar apontando para uma distorção nos dados de população flutuante considerados para os meses de verão.

A região 2 e a região 4 evidenciam o comportamento diferenciado do verão, onde há maior amplitude de variação dos dados, e mesmo assim não estão indicados como valores atípicos. Já para as quatro regiões o inverno é a estação que apresenta maior proximidade entre os valores ao longo dos invernos da série histórica.

A presença de valores atípicos, os *outliers*, se deu nas regiões 1 e 2. Os valores atípicos estão resumidos na tabela 21.

Tabela 21 – Valores atípicos para o estudo da sazonalidade da geração de resíduos

Valores Atípicos – Resíduos (kg/hab)		
	Região 1	Região 2
Outono	32,15 - Maio 2010	
Inverno		24,55 - Agosto 2007
		27,44 - Agosto 2010
Primavera	36,43 - Dezembro 2010	28,43 - Novembro 2009

Para a região 1 temos valores no outono, maio de 2010, e na primavera, em dezembro deste mesmo ano. Já havia sido evidenciado este crescimento do ano de 2010 no gráfico de distribuição ao longo do tempo. E como, neste trabalho, cada dado representa a geração ou o consumo de um mês inteiro, não se viu conveniência em trocar esses dados pela média, ou então retirar este dado da série histórica, tendo em vista a possibilidade de interferir nas correlações.

No momento em que as variáveis são cruzadas em regressão múltipla para o encontro dos coeficientes de correlação, é necessário que os dados estejam emparelhados mês a mês, e a falta de um dado em uma das variáveis, ocasiona a perda dos dados correspondentes para as outras

variáveis, diminuindo assim, o tamanho da amostra como um todo, o que pode vir a diminuir a significância do resultado estatístico.

5.3.2. Sazonalidade no consumo de energia elétrica

As figuras 23, 24, 25 e 26 representam os gráficos com estudo de sazonalidade para a variável de consumo de energia elétrica per capita mensal, cada um para uma região.

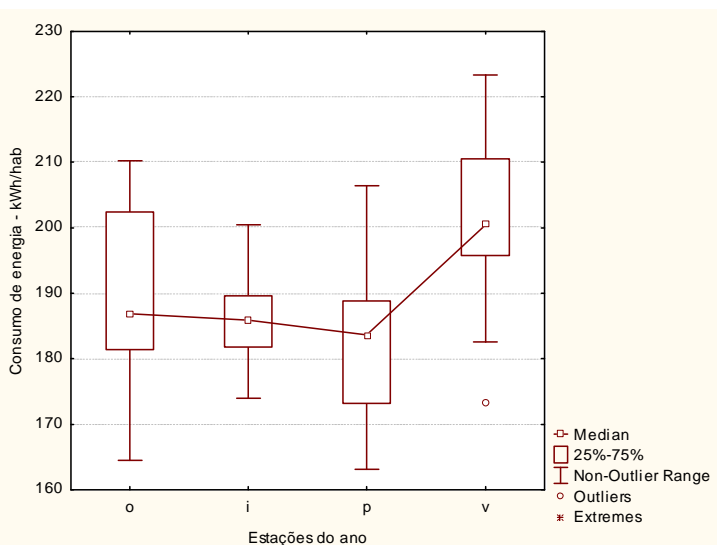


Figura 23 - Desenho esquemático das estações do ano: Energia região 1

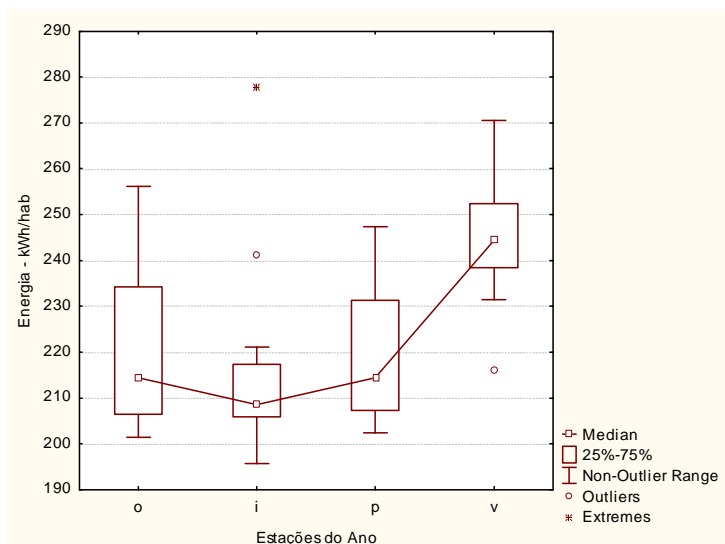


Figura 24 - Desenho esquemático das estações do ano: Energia região 2

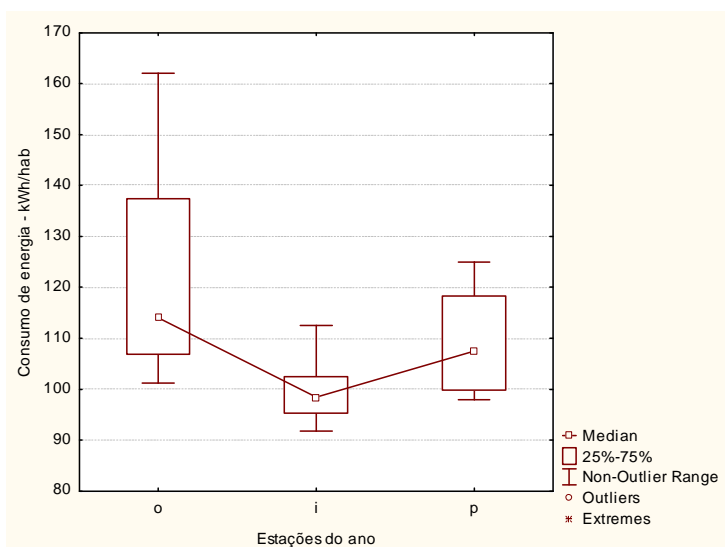


Figura 25 - Desenho esquemático das estações do ano: Energia região 3

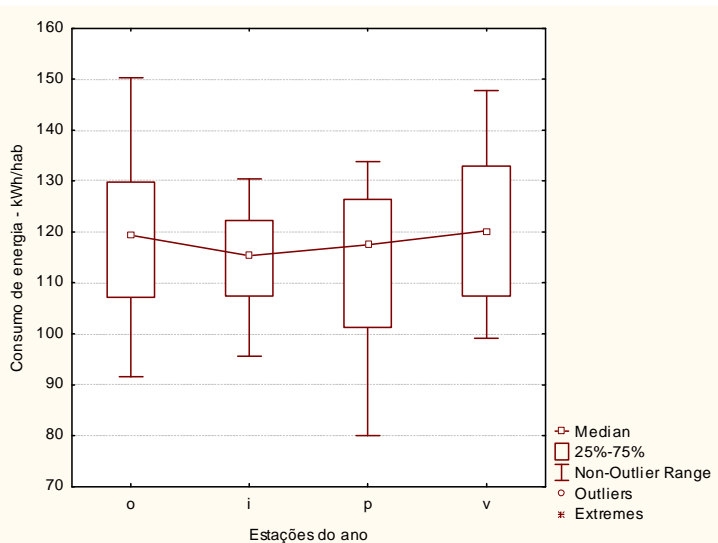


Figura 26 - Desenho esquemático das estações do ano: Energia região 4

Em análise da variação do consumo de energia ao longo das estações do ano, fica evidente que em cada estação o comportamento segue alguma resposta, possivelmente quanto às condições climáticas.

As maiores medianas se concentraram no verão, e os menores valores estão dispostos no inverno. A única região que apresentou menores provas de efeito sazonal foi a região 4, onde os valores estiveram em um certo padrão ao longo das estações.

As maiores variações de dados estão concentradas no outono, quando possivelmente variou a temperatura durante os anos, alguns anos com outono mais quente, por exemplo, podem gerar consumo maior de energia elétrica.

A região 2 apresentou as respostas mais diversificadas, inclusive com a presença de pontos extremos, fato que pode ser influenciado pelas características dos bairros que a compõe: Estreito, Balneário, Jardim Atlântico e Coloninha. Nesta região há a maior ocorrência de famílias com baixa renda, e de alguns conglomerados de residências que dificultam as medições pela CELESC. Muitas delas, inclusive, não possuem relógio de medição de consumo, e são faturadas por estimativa de consumo mínimo.

Então é aceitável que os dados de energia da região 2 apresentem maiores variabilidades, porém, um ponto extremo pode causar efeito muito prejudicial na análise das correlações pela regressão múltipla.

Então a partir desta etapa, dado de julho de 2007 de consumo de energia na região 2 foi substituído pela média dos dados de inverno para esta região: 183,25 kWh/hab mês.

A tabela 22 resume os valores atípicos encontrados na análise sazonal do consumo de energia elétrica.

Tabela 22 - Valores atípicos para o estudo da sazonalidade do consumo de energia

Valores Atípicos - Consumo de Energia - kWh/hab		
	Região 1	Região 2
Inverno		277,77 - Julho 2007*
		241,22 - Agosto 2008
Verão	173,40 - Janeiro 2009	216,26 - Janeiro 2008

5.3.3. Sazonalidade no consumo de água

As figuras 27, 28, 29 e 30 representam os gráficos com estudo de sazonalidade para a variável de consumo de água per capita mensal, cada um para uma região.

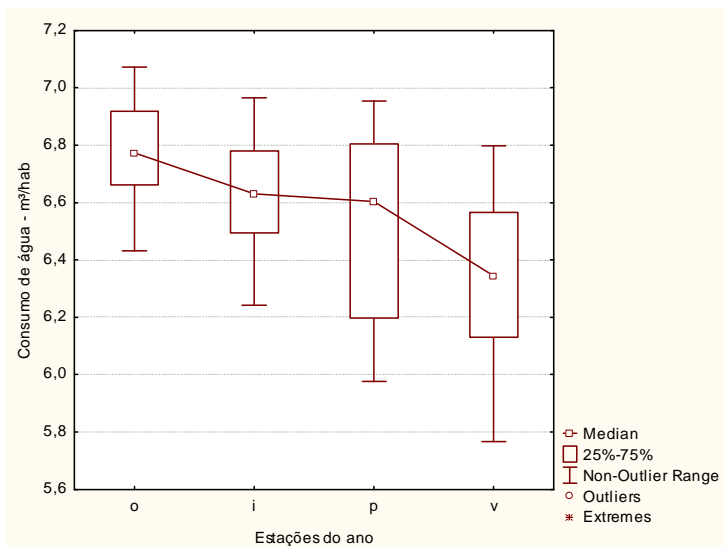


Figura 27 - Desenho esquemático das estações do ano: Água região 1

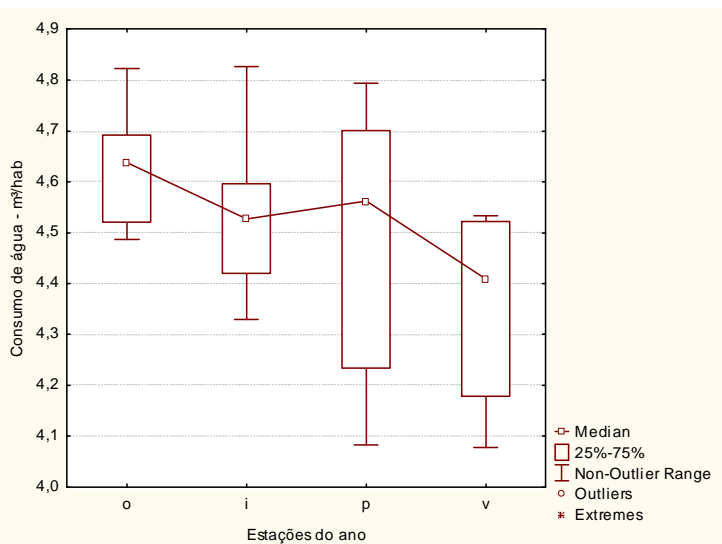


Figura 28 - Desenho esquemático das estações do ano: Água região 2

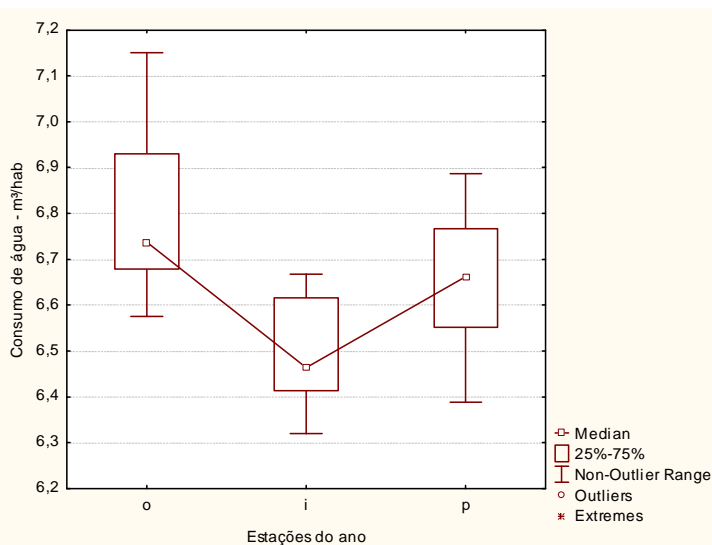


Figura 29 - Desenho esquemático das estações do ano: Água região 3

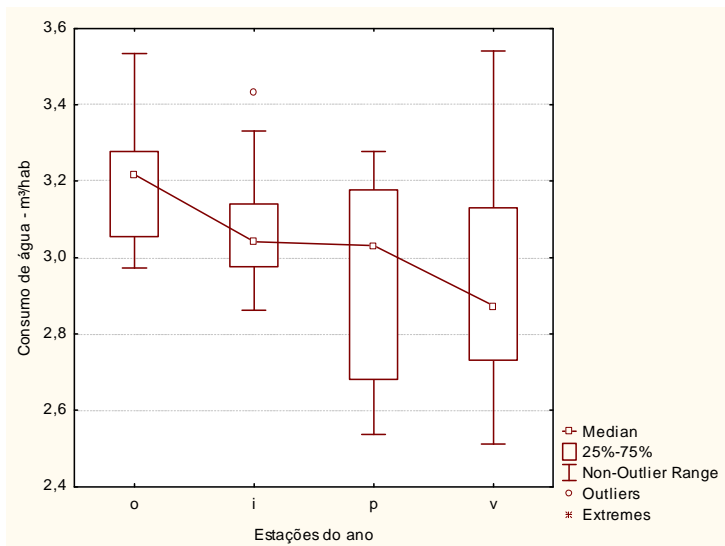


Figura 30 - Desenho esquemático das estações do ano: Água região 4

Os dados de água para as regiões 1, 2 e 4 apresentam bastante proximidade quanto ao efeito sazonal, os maiores valores estando nos outonos, e os menores no verão, o que pode evidenciar até mesmo um período de férias, onde os moradores deixariam o bairro para se dirigir às praias, por exemplo, ou então a influência da população flutuante.

Os meses de primavera foram os que obtiveram maior amplitude de variação de dados, também para as regiões 1, 2 e 4. A região 3 apresentou menores valores para inverno, e valores de inverno também com menor variação em torno da mediana.

Tabela 23 - Valores atípicos para o estudo da sazonalidade do consumo de água

Valores Atípicos - Consumo de Água	
- m³/hab	
Região 4	
Inverno	3,43 - Setembro 2010

O único valor atípico apresentado foi para setembro de 2010, na região 4, porém é um valor que se distancia pouco em ordem de grandeza da mediana, então foi mantido. Na região 4, este foi o único *outlier*

encontrado, sendo que para as demais variáveis a região 1 e a região 2 foram as que predominaram na lista de valores atípicos. Certamente porque representam um número maior de bairros, e consequentemente a chance de aparição de algum valor atípico aumenta.

5.4. Correlações

Os comportamentos apresentados até este momento atestam que é interessante unir as regiões 1, 2 e 4 para a tentativa de montar um modelo global para correlação, de modo sazonal. Visto que, em diferentes momentos, as três regiões citadas se assemelham em algum comportamento de geração de resíduos; consumo de energia ou consumo de água, sejam as três juntas, ou em pares.

O fator decisivo realmente é a separação por modelos sazonais, visto que os dados corridos o ano todo apresentam variações que se não consideradas, podem vir a tornar insignificantes as correlações, conforme será apresentado. E tratar uma região só por modelo sazonal gera uma heterogeneidade na amostra que inviabiliza a discussão dos resultados de correlação. Então a união das três regiões visa também homogeneizar as amostras a fim de resultados mais significativos.

Conforme já citado, dois métodos de correlação foram feitos, os coeficientes de correlação não paramétricos, que não exigem a distribuição normal dos dados, e a regressão linear multivariada, a qual encontra uma equação de correlação entre as três variáveis. Mas, esta última, exige que os dados sejam lineares, então alguns testes foram efetuados para buscar a necessidade ou não de transformações para linearizá-los antes da aplicação do modelo.

Para aplicação dos modelos, testes para verificação da normalidade dos dados foram feitos, para cada região separadamente. E para testar a hipótese de que as regiões agregadas dariam resultados mais significantes, foi testada a normalidade dos dados das regiões agrupadas também.

Os testes para verificação da normalidade dos dados se deram por dois métodos: análise dos histogramas, pois com o software, pode-se plotar junto com o histograma a curva de distribuição normal, e verificar visualmente a semelhança entre ambos; e pela análise do gráfico normal de probabilidades, que também mostra visualmente quanto os dados se aproximam da reta com os valores esperados para a distribuição normal.

5.5. Regressão Linear Múltipla

Desta forma, foram montados os cenários para teste das hipóteses da existência de correlação entre a geração de resíduos, o consumo de água e o consumo de energia elétrica.

- *Hipótese 1:* Existe correlação dentro de cada região;
- *Hipótese 2:* Existe correlação associando mais de uma região;
- *Hipótese 3:* Existe correlação sazonal dentro de cada região;
- *Hipótese 4:* Existe correlação sazonal associando mais de uma região.

5.5.1. Correlação entre cada região

Testes para confirmação da Hipótese 1: Existência da correlação dentro de cada região.

Neste tópico foi aplicada a regressão linear para cada região, sem separar os dados por estação do ano, ou seja, o período inteiro da série de dados, os 50 meses corridos para as regiões 1, 2 e 4, e 34 meses em sequência para a região 3. O resumo dos resultados encontrados para cada região está apresentado na tabela 24.

Tabela 24 – Resultados para Regressão Múltipla – hipótese 1

Região	R ² ajusta- do	B			<i>p-level</i>		Relevância
		Energia	Água	Intercepto	Energia	Água	
1	0,19	<u>-0,11</u>	2,49	<u>29,82</u>	<u>0</u>	0,09	Energia
2	0,11	0,02	<u>2,64</u>	10,51	0,17	<u>0,01</u>	Água
3	0,21	<u>0,18</u>	<u>-11,36</u>	<u>67,93</u>	<u>0</u>	<u>0,01</u>	Energia e água
4	0,10	0,01	<u>2,78</u>	<u>7,94</u>	0,53	<u>0,03</u>	Água

Para este teste, os resultados não foram promissores, os valores para R^2 ajustado, que indicam quanto da variabilidade dos dados foi explicada pelo modelo, ficaram em torno de 15% de ajuste, valor muito abaixo do esperado. Sendo que os valores do *p-level*, que indicam a significância estatística do modelo, estão na maioria dos casos menores que 0.05, o que indica que as análises foram estatisticamente significantes.

Ao inserirmos as três variáveis juntas no modelo de regressão, indicamos para o programa que queremos correlacionar o consumo de energia e o consumo de água com a variável dependente, que é a geração de resíduos, e então o programa aponta qual a relevância de cada variável na explicação do modelo. Este resultado está apresentado na última coluna da tabela 24. Porém, devido aos baixos valores do R^2 , não se pode considerar como positiva a relevância apontada.

A tabela 25 mostra as correlações lineares encontradas pela regressão, que também podem ser chamadas de Coeficiente de Correlação de Pearson, visto que são lineares.

Tabela 25 - Correlações lineares - hipótese 1

Correlações			
Região	Resíduos - Energia	Resíduos - Água	Energia - Água
Região 1	<u>-0,41</u>	0,15	0,17
Região 2	0,15	<u>0,33</u>	-0,11
Região 3	0,33	0,03	<u>0,79</u>
Região 4	0,22	<u>0,36</u>	<u>0,40</u>

A partir destes resultados conclui-se que analisar cada região separadamente explica muito pouco sobre as correlações entre as três variáveis. Visto que altas correlações estão em valores próximos de 1 ou -1. Lembrando que os valores sublinhados são os com significância estatística, que neste caso são a minoria.

A fim de confirmar a legitimidade destas análises, os testes de confiança foram feitos. A partir da análise do comportamento residual do modelo, e do teste F, conforme metodologias já citadas. As figuras 31, 32 e 33 mostram as análises de resíduo do modelo. Prioritariamente, os

resíduos devem ser considerados independentes, com média zero, variância constante e devem ser normalmente distribuídos.

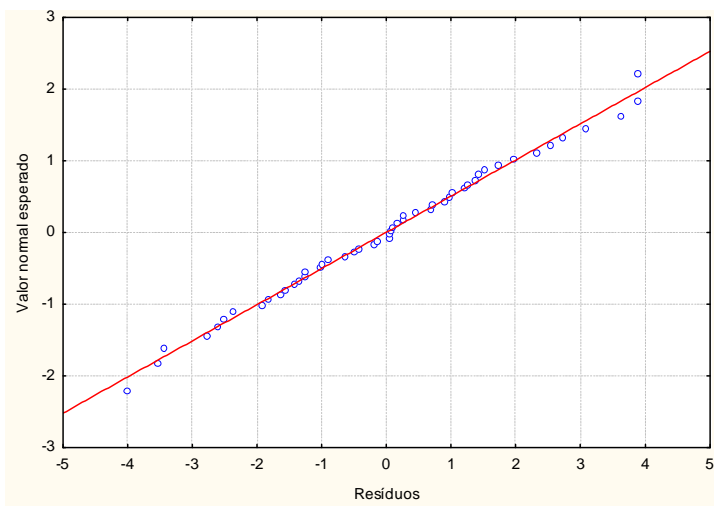


Figura 31 – Gráfico normal de probabilidades do resíduo do teste

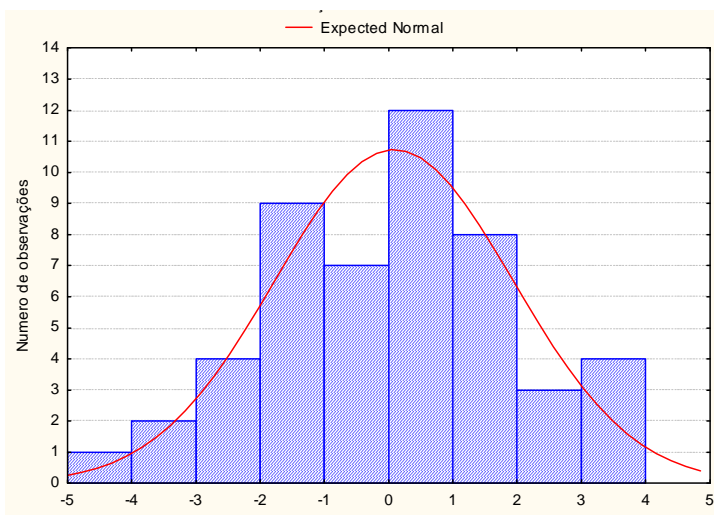


Figura 32 – Histograma do resíduo

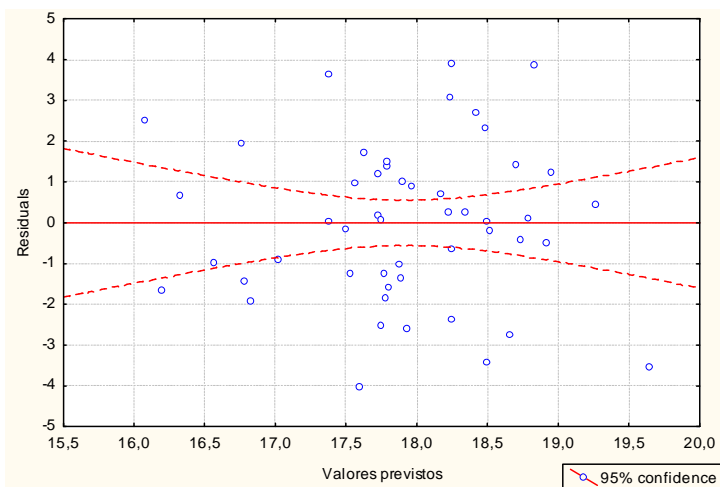


Figura 33 – Dispersão do residual

Estas análises foram repetidas para todos os testes e os resultados confirmaram a aplicação correta do modelo. Pode-se então afirmar que não foi possível encontrar correlação entre a geração de resíduos, consumo de energia e consumo de água através do método da regressão múltipla para cada região.

5.5.1.1. Coeficiente de Correlação de Spearman

A tabela 26 mostra os valores do Coeficiente de Correlação de Spearman para os mesmos cenários testados anteriormente pelo método da regressão múltipla. Confirmam-se as respostas de que não foram encontradas correlações. Algumas delas mostraram-se significantes, as que estão sublinhadas, porém, o melhor valor encontrado foi o de correlação entre energia e água para a região 3, mesmo resultado obtido com a regressão múltipla.

Tabela 26 – Coeficientes de Spearman para a hipótese 1

Região	Resíduos – Energia		Resíduos – Água		Energia - Água	
	Spearman	<i>p-level</i>	Spearman	<i>p-level</i>	Spearman	<i>p-level</i>
1	<u>-0,30</u>	<u>0,03</u>	0,24	0,10	0,20	0,17
2	0,16	0,26	<u>0,31</u>	<u>0,03</u>	-0,01	0,95

3	0,25	0,15	0,02	0,90	<u>0,72</u>	<u>0</u>
4	0,15	0,30	<u>0,37</u>	<u>0,01</u>	<u>0,31</u>	<u>0,03</u>

A hipótese 1: Existência da correlação dentro de cada região, foi negada.

5.5.2. Correlação associando mais de uma região

Testes para confirmação da Hipótese 2: Existe correlação associando mais de uma região.

Neste tópico foi aplicada a regressão linear sem separar os dados por estação do ano, ou seja, o período inteiro da série de dados, os 50 meses corridos (regiões 1, 2 e 4) e 34 meses (região 3), porém, foram testadas associações de regiões. O resumo dos resultados encontrados para cada região está apresentado na tabela 27.

Tabela 27 - Resultados para Regressão Múltipla – hipótese 2

Região	R ² ajustado	B			<i>p-level</i>	
		Energia	Água	Intercepto	Energia	Água
1+4	0,67	<u>-0,04</u>	<u>2,96</u>	<u>13,88</u>	<u>0,02</u>	<u>0</u>
1+2	0,002	-0,02	-0,49	<u>32,16</u>	0,24	0,15
2+4	0,85	<u>0,03</u>	<u>0,60</u>	<u>4,07</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
1+2+4	0,64	<u>0,05</u>	<u>0,99</u>	<u>9,03</u>	<u>0</u>	<u>0</u>

Para este teste, os resultados foram mais promissores, com exceção da associação da região 1 com a região 2, que já haviam mostrado padrões similares para resíduos e energia, mas, não possuíam semelhanças nos dados de consumo de água. Entretanto, mesmo na associação de produção de resíduos com consumo de energia, não se obteve bons resultados.

Para as demais associações testadas os valores para R² ficaram próximos a 65% de ajuste, e no caso da associação da região 2 com a região 4, a porcentagem ficou em torno de 85%, valor bem mais expressivo.

A tabela 28 mostra as correlações lineares encontradas pela regressão e as relevâncias de interação do consumo de energia e de água com a geração de resíduos para cada caso, apontadas pelo programa. Pode-se

observar que as duas variáveis mostraram boas respostas para explicar o modelo, porém como o R² não é ainda tão próximo de 1, não se pode tomar como verdade absoluta esses resultados.

Tabela 28 – Correlações lineares – hipótese 2

Correlações

Regiões	Resíduos - Energia	Resíduos - Água	Energia - Água	Relevância
1+4	<u>0,70</u>	<u>0,81</u>	<u>0,81</u>	Energia e água
1+ 2	0,07	-0,05	<u>-0,63</u>	-
2+4	<u>0,79</u>	<u>0,84</u>	<u>0,79</u>	Energia e água
1+2+4	<u>0,62</u>	<u>0,55</u>	<u>0,32</u>	Energia e água

Segundo os resultados obtidos pela regressão linear, poder-se-ia escolher como a equação com maior significância, a equação gerada pela associação da região 2 com a região 4. Desta forma, a equação para determinar a geração de resíduos nas regiões analisadas seria:

- **Geração de resíduos pela associação das regiões 2 e 4**= 0,03 x (consumo de energia) + 0,60 x (consumo de água) + 4,07

5.5.2.1. Coeficiente de Spearman

Para confrontar com as correlações lineares encontradas para o teste da hipótese 2, tem-se na tabela 29 a apresentação dos coeficientes de correlação não paramétricos. Os valores sublinhados são aqueles em que há significância estatística, com *p-level* < 0,05.

Tabela 29 - Coeficientes de Spearman para a hipótese 2

Região	Resíduos – Energia		Resíduos – Água		Energia - Água	
	Spearman	<i>p-level</i>	Spearman	<i>p-level</i>	Spearman	<i>p-level</i>
1+4	<u>-0,30</u>	<u>0,03</u>	0,24	0,10	0,20	0,17
1+ 2	0,16	0,26	<u>0,31</u>	<u>0,03</u>	-0,01	0,95

2+4	0,25	0,15	0,02	0,90	<u>0,72</u>	<u>0</u>
1+2+4	0,15	0,30	<u>0,37</u>	<u>0,01</u>	<u>0,31</u>	<u>0,03</u>

Os valores bem abaixo das correlações lineares apresentadas na tabela 26 mostram que para explicação deste arranjo de associação de regiões, o modelo mais adequado e que mais representa a variação dos dados é o linear. O que já foi comprovado pelo teste de linearidade dos dados, quando se provou a homogeneização das séries ao ter uma amostra maior. Neste caso de linearidade, podemos dispensar a análise do Coeficiente de Spearman e se basear no Coeficiente de Pearson.

A Hipótese 2: Existe correlação associando mais de uma região foi provada, porém espera-se ainda afinar mais os resultados testando as hipóteses 3 e 4.

5.5.3. Correlação sazonal por região

Ao testar a Hipótese 3: Existência de correlação sazonal dentro de cada região deparou-se com resultados estatisticamente insignificantes, provavelmente devido ao número pequeno de dados que ficou cada amostra analisada. São aproximadamente 12 (doze) dados por cada análise, tendo em vista a separação de cada região em estações do ano, onde cada estação do ano possui 3 (três) meses e para cada estação existem 4 (quatro) ocorrências na série histórica.

Os valores para R² ajustado ficaram em torno de zero, ou pior ainda, negativos, o que não é aceitável devido a este coeficiente de determinação representar um valor de porcentagem. Por este motivo, os resultados não estão apresentados no trabalho, apenas para exemplificar este fato, a tabela 30 mostra alguns coeficientes não paramétricos para os testes com dados de inverno.

Tabela 30 - Coeficientes de Spearman para a hipótese 3

Inverno				
	Energia	<i>p-level</i>	Água	<i>p-level</i>
Região 1	-0,24	0,44	-0,27	0,39
Região 2	-0,06	0,83	-0,17	0,59
Região 3	0,14	0,78	-0,2	0,7
Região 4	-0,48	0,1	0,1	0,7

Os coeficientes de Spearman mostram que não é possível encontrar essa relação, e que os resultados não são estatisticamente significantes. Com estes dois modelos de determinação de correlações estatísticas negou-se a hipótese 3.

5.5.4. Correlação sazonal associando regiões

Para o teste da hipótese 4: existência de correlação sazonal associando mais de uma região, dividiu-se os dados em estações do ano, da mesma maneira do item 5.5.3., porém, associando as regiões da mesma forma da hipótese 2. Ou seja, as amostras tiveram número de dados aumentados, resolvendo os problemas de significância estatística e heterogeneidade dos dados. Os resultados foram bastante representativos, e estão divididos em associação da região 1 com a região 4; região 2 com a região 4 e região 1 com as regiões 2 e 4.

Da mesma forma que a análise da hipótese 2, os resultados para a associação da região 1 com a região 2 apresentaram-se irrelevantes, por isso não serão mostrados neste item. A região 3 permaneceu fora das associações devido ao número reduzido de estações do ano que esta possui em comparação com as demais.

5.5.4.1. Região 1 com Região 4

A tabela 31 mostra os resultados de regressão múltipla para a primeira associação sazonal de regiões, representada pela união da série histórica dos dados da região 1 com os dados da região 4.

O resultado mais relevante neste caso foi para o inverno, com 81% de ajuste do R^2 , e o verão, conforme esperado, foi o resultado com menor coeficiente de ajuste, visto que os comportamentos nos meses de verão são mais heterogêneos e podem ser muito mais facilmente influenciados por fatores externos.

Tabela 31 - Resultados para Regressão Múltipla – hipótese 4.1

Região 1 | Região 4

Estação	R ² ajustado	B			p-level		
		Energia	Água	Intercepto	Energia	Água	Intercepto
Verão	0,64	-0,05	<u>2,9</u>	<u>14,72</u>	0,24	<u>0</u>	<u>0</u>
Outono	0,57	0,008	<u>1,67</u>	<u>11,93</u>	0,81	<u>0,03</u>	<u>0</u>
Inverno	0,81	-0,04	<u>3,12</u>	<u>12,59</u>	0,38	<u>0</u>	<u>0</u>
Primavera	0,70	-0,09	<u>0,44</u>	<u>15,53</u>	0,17	<u>0</u>	<u>0</u>

A tabela 32 mostra os coeficientes de correlação linear encontrados entre as três variáveis, e nota-se que houve significância estatística para todos os casos. Os melhores resultados, mais próximos de 1, ficaram no inverno, conforme já indicou a regressão linear. As relações entre geração de resíduos e consumo de água para as regiões 1 e 4

foram as com valor mais alto, conforme também já indicou a regressão linear e o apontamento de relevância entre estas duas variáveis.

Tabela 32 - Correlações lineares – hipótese 4.1

Região 1 | Região 4

Estação	Correlações			Relevância
	Resíduos - Energia	Resíduos - Água	Energia - Água	
Verão	<u>0,73</u>	<u>0,80</u>	<u>0,96</u>	Água
Outono	<u>0,72</u>	<u>0,77</u>	<u>0,92</u>	Água
Inverno	<u>0,86</u>	<u>0,91</u>	<u>0,97</u>	Água
Primavera	<u>0,74</u>	<u>0,82</u>	<u>0,96</u>	Água

Na tabela 33 estão apresentados os valores para as correlações não lineares, e obteve-se da mesma maneira, significância estatística em todos os casos para o primeiro teste da hipótese 4.

Tabela 33- Coeficientes de Spearman para a hipótese 4.1

Região 1 | Região 4

Estação	Resíduos – Energia		Resíduos – Água		Energia - Água	
	Spearman	<i>p-level</i>	Spearman	<i>p-level</i>	Spearman	<i>p-level</i>
Verão	<u>0,66</u>	<u>0</u>	<u>0,80</u>	<u>0</u>	<u>0,88</u>	<u>0</u>

Outono	<u>0,74</u>	<u>0</u>	<u>0,70</u>	<u>0</u>	<u>0,74</u>	<u>0</u>
Inverno	<u>0,66</u>	<u>0</u>	<u>0,73</u>	<u>0</u>	<u>0,81</u>	<u>0</u>
Primavera	<u>0,76</u>	<u>0</u>	<u>0,84</u>	<u>0</u>	<u>0,95</u>	<u>0</u>

Os maiores valores estão nas correlações entre consumo de energia e consumo de água, e entre a geração de resíduos e o consumo de água. A relação entre os consumos de energia e água sendo alta indica forte associação entre as variáveis, o que contribui para a aplicabilidade dos modelos. Nas correlações não paramétricas destacou-se a primavera.

Neste caso, para o inverno e para a primavera, que foram as estações mais representativas na regressão, poderíamos descrever a geração de resíduos através das seguintes fórmulas, conforme indica a regressão linear:

- **Geração de resíduos no inverno** = $-0,04 \times (\text{consumo de energia no inverno}) + 3,12 \times (\text{consumo de água no inverno}) + 12,59$
- **Geração de resíduos na primavera** = $-0,09 \times (\text{consumo de energia na primavera}) + 0,44 \times (\text{consumo de água na primavera}) + 15,53$

A tabela 32 mostra as simulações para testar a equação para determinação da geração de resíduos na região 1 para todos os invernos da série histórica e a tabela 34 mostra os mesmos testes, porém para a região 4. Foi testado só o inverno como demonstração, mas o mesmo procedimento pode ser aplicado à equação da primavera da mesma forma.

Tabela 34 – Teste do resultado de regressão: Inverno Região 1

Inverno - Região 1

		Energia kWh/hab mês	Água m³/hab mês	Resultado kg/hab mês	Resíduos medidos	Diferença kg/hab mês	Porcentagem de erro
2007	julho	183,25	6,46	25,43	25,78	-0,35	1%
	agosto	198,50	6,64	25,36	27,09	-1,73	6%
	setembro	200,43	6,97	26,30	24,63	1,67	7%
2008	julho	182,46	6,58	25,82	25,15	0,66	3%
	agosto	185,64	6,71	26,09	25,34	0,75	3%
	setembro	173,91	6,52	25,99	26,21	-0,22	1%
2009	julho	181,15	6,83	26,65	24,31	2,34	10%
	agosto	188,69	6,26	24,57	23,53	1,04	4%
	setembro	190,27	6,73	25,98	22,06	3,92	18%
2010	julho	179,40	6,24	24,89	29,93	-5,04	17%
	agosto	186,03	6,62	25,81	29,47	-3,67	12%
	setembro	188,93	6,93	26,67	28,70	-2,04	7%
						Média	7%

Tabela 35 - Teste do resultado de regressão: Inverno Região 4

Inverno - Região 4

		Energia kWh/hab mês	Água m³/hab mês	Resultado kg/hab mês	Resíduos medidos	Diferença kg/hab mês	Porcentagem
2007	julho	95,63	3,03	18,21	18,54	-0,33	2%
	agosto	102,11	3,06	18,04	18,94	-0,90	5%
	setembro	102,27	3,33	18,89	18,54	0,36	2%
2008	julho	116,71	2,96	17,14	19,36	-2,22	11%
	agosto	130,47	3,11	17,09	15,87	1,22	8%
	setembro	117,42	3,00	17,24	17,82	-0,58	3%
2009	julho	114,07	3,02	17,45	16,52	0,93	6%
	agosto	129,79	2,86	16,33	16,28	0,05	0%
	setembro	116,99	3,06	17,47	15,32	2,15	14%
2010	julho	112,48	2,93	17,23	17,35	-0,12	1%
	agosto	127,18	3,17	17,38	18,60	-1,22	7%
	setembro	113,80	3,43	18,75	18,43	0,32	2%
						Média	4%

Nota-se que as fórmulas utilizadas, geradas pelo modelo aplicado na associação sazonal das duas regiões, apresentaram resultados muito bons na determinação da quantidade de resíduo gerado em cada região, tendo o inverno como base de teste. As diferenças entre valor teórico calculado de geração de resíduos em cada mês nos dois bairros, e o valor real medido pela coleta dos bairros, chegaram ao máximo de 18% e tiveram médias de 7% de erro na região 1 e 4% de erro na região 4.

Estes resultados provam que na prática esta fórmula poderia servir de base para o cálculo de geração de resíduos em cada domicílio, analogamente, a fim de aplicar a quantidade gerada a uma tarifa de resíduos a ser cobrada individualmente. A expectativa de acerto da quantidade de resíduos coletada na residência chegaria à média de 96%, por exemplo, para um morador do bairro de Santo Antônio de Lisboa e Sambaqui. E no caso da série histórica estudada, no mês de agosto de 2009, a fórmula de cálculo conseguiu expressar praticamente o valor exato de resíduos produzidos pelo bairro.

Em 46% dos meses testados a diferença entre os valores de geração de resíduos mensais nos bairros calculados e os valores de geração reais (medidos) ficou menor que 1,00 (um) kg ao mês, o que na prática pode ser considerado como acerto total do valor.

5.5.4.2. Região 1 com Região 2 e Região 4

Os resultados de regressão múltipla para a segunda associação sazonal de regiões estão apresentados na tabela 36. Nesta etapa foi testada a união da série histórica sazonal das regiões 1, 2 e 4.

O resultado mais relevante neste caso também foi para o inverno, com 80% de ajuste do R^2 , e neste caso o outono apresentou o menor valor, porém não muito distante dos demais. A regressão linear apontou relevância da variável consumo de energia para o verão, e para as demais regiões, consumo de energia e de água.

Tabela 36 - Resultados para Regressão Múltipla – hipótese 4.3

Região 1 | Região 2 | Região 4

Estação	R ² ajustado	B			<i>p-level</i>		
		Energia	Água	Intercepto	Energia	Água	Intercepto
Verão	0,64	<u>0,06</u>	0,35	<u>9,22</u>	<u>0</u>	0,34	<u>0</u>
Outono	0,61	<u>0,01</u>	<u>0,70</u>	<u>9,41</u>	<u>0</u>	<u>0,03</u>	<u>0</u>
Inverno	0,80	<u>0,07</u>	<u>0,95</u>	<u>7,14</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
Primavera	0,66	<u>0,05</u>	<u>1,47</u>	<u>8,66</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>

Para se verificar a correlação do consumo de água com a geração de resíduos para o verão, temos os dados complementares de correlação nas tabelas 37 e 38 onde são testadas as correlações lineares e não lineares, respectivamente.

Tabela 37 - Correlações lineares – hipótese 4.3

Região 1 | Região 2 | Região 4

Estação	Correlações			Relevância
	Resíduos - Energia	Resíduos - Água	Energia - Água	
Verão	<u>0,81</u>	<u>0,53</u>	<u>0,56</u>	Energia
Outono	<u>0,77</u>	<u>0,60</u>	<u>0,55</u>	Energia e Água

Inverno	<u>0,86</u>	<u>0,74</u>	<u>0,64</u>	Energia e Água
Primavera	<u>0,73</u>	<u>0,73</u>	<u>0,56</u>	Energia e Água

Tabela 38 - Coeficientes de Spearman para a hipótese 4.3

Região 1 | Região 2 | Região 4

Estação	Resíduos – Energia		Resíduos – Água		Energia - Água	
	Spearman	<i>p-level</i>	Spearman	<i>p-level</i>	Spearman	<i>p-level</i>
Verão	<u>0,77</u>	<u>0</u>	<u>0,61</u>	<u>0</u>	<u>0,49</u>	<u>0,02</u>
Outono	<u>0,71</u>	<u>0</u>	<u>0,57</u>	<u>0</u>	<u>0,50</u>	<u>0</u>
Inverno	<u>0,66</u>	<u>0</u>	<u>0,62</u>	<u>0</u>	<u>0,48</u>	<u>0</u>
Primavera	<u>0,69</u>	<u>0</u>	<u>0,72</u>	<u>0</u>	<u>0,54</u>	<u>0</u>

Confirma-se que todas as regiões apresentaram resultados bons de correlação entre as três variáveis, significantes, e que a correlação entre o consumo de água e a geração de resíduos no verão foi a com menor resultado, mas mesmo assim pode-se considerar como existente.

Então foram montadas as equações de cálculo de geração de resíduos conforme indicou a regressão linear:

- **Geração de resíduos no verão** = $0,06 \times (\text{consumo de energia no verão}) + 0,35 \times (\text{consumo de água no verão}) + 9,22$
- **Geração de resíduos no outono** = $0,01 \times (\text{consumo de energia no outono}) + 0,70 \times (\text{consumo de água no outono}) + 9,41$

- **Geração de resíduos no inverno** = $0,07 \times (\text{consumo de energia no inverno}) + 0,95 \times (\text{consumo de água no inverno}) + 7,14$
- **Geração de resíduos na primavera** = $0,05 \times (\text{consumo de energia na primavera}) + 1,47 \times (\text{consumo de água na primavera}) + 8,66$

A tabela 39 mostra as simulações para testar a equação de determinação da geração de resíduos nas três regiões, tomando como base de teste os valores para o verão. Foi testado só o verão como demonstração, visto que esta estação foi a que apresentou o pior resultado neste caso, então se para o verão os resultados forem satisfatórios, para as demais estações também serão. Para os testes de aplicabilidade da equação, foi escolhida a amostra de verão do ano de 2009 para todas as regiões.

Tabela 39 - Teste do resultado de regressão: Verão 2009

Ano de 2009 - Verão							
2009		Energia kWh/hab mês	Água m³/hab mês	Resultado kg/hab mês	Resíduos medidos	Diferença kg/hab mês	Porcentagem
Região 1	janeiro	173,40	6,10	21,76	24,41	-2,65	11%
	fevereiro	182,60	5,77	22,19	20,56	1,64	8%
	março	219,58	6,53	24,68	25,13	-0,45	2%
Região 2	janeiro	245,42	4,08	25,37	22,56	2,81	12%
	fevereiro	270,58	4,52	27,04	29,82	-2,79	9%
	março	105,95	2,79	16,56	18,73	-2,17	12%

Região 4	janeiro	105,95	2,79	16,56	18,73	-2,17	12%
	fevereiro	100,39	2,62	16,16	14,56	1,61	11%
	março	99,16	3,25	16,31	18,92	-2,62	14%
Média							9%

Os resultados mostram que mesmo para o verão, a fórmula gerada pelo modelo aplicado na associação sazonal das três regiões, apresentou resultados satisfatórios na determinação da quantidade de resíduo gerado em todas as regiões. A diferença entre valor teórico calculado de geração de resíduos em cada mês, e o valor real medido pela coleta dos bairros, teve média de 9% de erro.

Estes resultados provam que na prática esta fórmula poderia servir de base para o cálculo de geração de resíduos, sendo que em todos os casos de verão a diferença entre o real e o estimado ficaria menor que 3 (três) quilogramas. O que na prática pode ser considerado como acerto total do valor.

5.5.4.3. Região 2 com Região 4

A tabela 40 está mostrando os resultados da terceira associação sazonal de regiões testada para a hipótese 4, a junção das regiões 2 e 4. Os valores de ajuste mostram-se os mais afinados de todos os testes anteriores realizados, significando que se pode confiar em torno de 90% no modelo aplicado.

Tabela 40 - Resultados para Regressão Múltipla – hipótese 4.2

Região 2 | Região 4

Estação	R ² ajustado	B			<i>p-level</i>		
		Energia	Água	Intercepto	Energia	Água	Intercepto
Verão	0,77	0,008	5,1	1,49	0,77	0,05	0,72
Outono	0,85	<u>0,05</u>	2,05	6,17	<u>0,01</u>	0,11	0,01
Inverno	0,91	0,03	<u>3,89</u>	2,71	0,19	<u>0</u>	0,20
Primavera	0,88	0,01	<u>4,31</u>	3,97	0,58	<u>0,01</u>	0,13

Pode-se perceber que para este teste, os resultados das análises para o verão apresentaram a maior confiabilidade de ajuste de todos os outros casos, porém a análise da relevância apontada pelo programa apresentada na tabela 41, mostra que para o verão a regressão não obteve significância estatística para os resultados de energia e água.

Tabela 41 - Correlações lineares – hipótese 4.2

Região 2 | Região 4

Estação	Correlações			Relevância
	Resíduos - Energia	Resíduos - Água	Energia - Água	
Verão	<u>0,87</u>	<u>0,89</u>	<u>0,97</u>	-

Outono	<u>0,92</u>	<u>0,91</u>	<u>0,94</u>	Energia
Inverno	<u>0,94</u>	<u>0,95</u>	<u>0,96</u>	Água
Primavera	<u>0,92</u>	<u>0,94</u>	<u>0,97</u>	Água

O outono obteve maior significância estatística para os coeficientes de consumo de energia, e o inverno e a primavera para o consumo de água. Na verdade neste caso, cada estação se comportou de maneira diferenciada.

Já quanto aos resultados para as correlações lineares, todos apresentaram significância estatística, e todos ficaram muito próximos de 1, que é a correlação mais alta possível. Para as correlações não paramétricas apresentadas na tabela 42, os dados permaneceram altos, porém inferiores aos de correlação linear, podendo indicar que realmente o melhor modelo para correlação neste caso é o linear. Pelos dois testes de correlação entre as variáveis, obtiveram-se resultados positivos para o verão, então será considerada a aplicação da fórmula para o verão também.

Tabela 42 - Coeficientes de Spearman para a hipótese 4.2

Região 2 | Região 4

Estação	Resíduos – Energia		Resíduos – Água		Energia - Água	
	Spearman	<i>p-level</i>	Spearman	<i>p-level</i>	Spearman	<i>p-level</i>
Verão	<u>0,80</u>	<u>0</u>	<u>0,89</u>	<u>0</u>	<u>0,83</u>	<u>0</u>
Outono	<u>0,82</u>	<u>0</u>	<u>0,78</u>	<u>0</u>	<u>0,80</u>	<u>0</u>
Inverno	<u>0,68</u>	<u>0</u>	<u>0,74</u>	<u>0</u>	<u>0,76</u>	<u>0</u>
Primavera	<u>0,85</u>	<u>0</u>	<u>0,89</u>	<u>0</u>	<u>0,92</u>	<u>0</u>

Neste caso a geração de resíduos nas duas regiões pode ser determinada através das seguintes fórmulas, conforme indica a regressão linear:

- **Geração de resíduos no verão** = $0,008 \times (\text{consumo de energia no verão}) + 5,1 \times (\text{consumo de água no verão}) + 1,49$
- **Geração de resíduos no outono** = $0,05 \times (\text{consumo de energia no outono}) + 2,05 \times (\text{consumo de água no outono}) + 6,17$
- **Geração de resíduos no inverno** = $0,03 \times (\text{consumo de energia no inverno}) + 3,89 \times (\text{consumo de água no inverno}) + 2,71$
- **Geração de resíduos na primavera** = $0,01 \times (\text{consumo de energia na primavera}) + 4,31 \times (\text{consumo de água na primavera}) + 3,97$

As tabelas 43 e 44 mostram os testes de aplicação das fórmulas para as regiões 2 e 4, e foi tomado como amostra para o teste o ano de 2009, considerando para cada estação, a respectiva fórmula apresentada acima.

Tabela 43 - Teste do resultado de regressão: ano de 2009 – Região 2

Ano de 2009 - Região 2							
2009		Energia kWh/hab mês	Água m³/hab mês	Resultado kg/hab mês	Resíduos medidos	Diferença kg/hab mês	Porcentagem
Verão	janeiro	231,39	4,13	24,43	24,15	0,27	1%
	fevereiro	245,42	4,08	24,24	22,56	1,68	7%
	março	270,58	4,52	26,71	29,82	-3,12	10%

Outono	abril	244,68	4,68	28,00	26,18	1,83	7%
	maio	216,40	4,62	26,45	26,17	0,28	1%
	junho	208,71	4,66	26,17	25,29	0,88	3%
Inverno	julho	208,30	4,56	26,69	25,76	0,94	4%
	agosto	210,86	4,32	25,84	25,75	0,09	0%
	setembro	205,58	4,57	26,65	26,23	0,42	2%
Primavera	outubro	216,25	4,52	25,63	26,00	-0,37	1%
	novembro	247,39	4,71	26,74	28,44	-1,70	6%
	dezembro	239,83	4,25	24,69	26,05	-1,37	5%
Média							4%

Tabela 44 - Teste do resultado de regressão: ano de 2009 – Região 4

Ano de 2009 - Região 4							
2009		Energia kWh/hab mês	Água m³/hab mês	Resultado kg/hab mês	Resíduos medidos	Diferença kg/hab mês	Porcentagem
Verão	janeiro	105,95	2,69	16,06	18,73	-2,67	14%
	fevereiro	100,39	2,51	15,11	14,56	0,55	4%
	março	99,16	3,13	18,25	18,92	-0,67	4%
	abril	91,59	3,44	17,80	15,90	1,90	12%

Outono	maio	121,08	3,03	18,43	16,86	1,56	9%
	junho	119,74	3,25	18,83	15,07	3,76	25%
Inverno	julho	114,07	3,02	17,88	16,52	1,36	8%
	agosto	129,79	2,86	17,74	16,28	1,46	9%
	setembro	116,99	3,06	18,14	15,32	2,82	18%
Primavera	outubro	121,56	2,98	18,01	15,24	2,77	18%
	novembro	133,78	3,28	19,43	18,31	1,12	6%
	dezembro	104,18	2,71	16,68	15,35	1,33	9%
Média							11%

Tendo o ano de 2009 como base para teste, mostra-se que as fórmulas geradas pelo modelo aplicado na associação sazonal das duas regiões apresentaram resultados muito bons na determinação da quantidade de resíduo gerado em cada região. As diferenças entre valor teórico calculado de geração de resíduos e o valor real medido pela coleta dos bairros chegaram ao máximo de 25% e tiveram médias de 4% de erro na região 2 e 11% de erro na região 4.

Estes resultados provam que na prática esta fórmula também poderia servir de base para o cálculo de geração de resíduos em cada domicílio, analogamente, a fim de aplicar a quantidade gerada a uma tarifa de resíduos a ser cobrada individualmente. A expectativa de acerto da quantidade de resíduos coletada na residência chegaria à média de 96%, por exemplo, para um morador do bairro do Estreito, um dos bairros da região 2.

Em 38% dos meses testados a diferença entre os valores de geração de resíduos mensais nos bairros calculados e os valores de geração reais (medidos) ficou menor que 1,00 (um) kg ao mês, o que na prática pode ser considerado como acerto total do valor.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A metodologia estatística utilizada neste trabalho para a busca dos resultados de correlações entre o consumo de energia, o consumo de água e a geração de resíduos sólidos proporcionou a determinação de equações para cálculo de geração de resíduos, estimada através da combinação das outras duas variáveis. Os testes aplicados aos dados da série histórica para confrontar as quantidades de resíduos comuns gerados pelos bairros, com as quantidades calculadas pelo modelo foram precisos, gerando resultados satisfatórios. Sendo que os resultados mostraram correlações entre o consumo de água e a geração de resíduos mais relevantes no maior número de análises, comparadas as correlações entre a geração de resíduos e o consumo de energia elétrica.

Ao calibrar os dados para inserir nos testes foi possível perceber o quão sensíveis são as respostas estatísticas às alterações na série histórica. Qualquer imprecisão ou problema de medição pode ter ocasionado distorção nos resultados. A aquisição dos dados com as companhias de serviços se mostrou decisiva. Porém, durante a coleta destes dados, ficou evidente a fragilidade dos três sistemas de informação.

As dificuldades são agravadas pela falta de automatização e de registro de informações importantes, como por exemplo, quando foram alterados os setores correspondentes à medição de determinado bairro. Essas deficiências fazem com que as informações históricas importantes para a precisão das informações dependam apenas da memória de alguns funcionários. E sabe-se que quanto mais o sistema depender de pessoas, maior é a chance de que em algum momento ocorram falhas.

Dificuldades também ficaram evidentes na caracterização dos bairros, como não há oficialização de alguns perante a prefeitura, não possuindo território físico oficialmente demarcado. As companhias de distribuição de energia, distribuição de água e de limpeza pública precisam investir em técnicas conjuntas de definição de territórios, visando unificação dos sistemas de setorização para que possam servir de insumo para novas políticas em comum. O que acontece na prática, e é possível de entender que realmente traz facilidades, é que cada uma das empresas divide a cidade de acordo com a logística que lhe convém. Porém, as estatísticas de consumo podem ser muito importantes para definição de diretrizes para a cidade, sendo parte essencial em sistemas de gerenciamento.

Além da dificuldade de determinação das áreas físicas de cada bairro, a população é outro fator que divide caminhos metodológicos em trabalhos desta natureza. Poucas são as fontes confiáveis de determinação de população flutuante, por exemplo. E ao se considerar a característica turística do município de Florianópolis, o número de pessoas que circula durante a temporada nas praias influencia diretamente na quantidade de resíduos gerados na localidade. O que foi facilmente comprovado na inconsistência das respostas para o bairro de Canasvieiras, neste trabalho denominado de Região 3. A dificuldade foi tamanha, que esses dados não puderam ser agregados aos demais para a montagem do modelo global das regiões, que foi o teste que apresentou melhores resultados.

O modelo de cálculo de geração de resíduos por domicílio através da combinação dos valores de consumo de energia elétrica e água é considerado indireto, pois não é pela pesagem individual, como é aplicado em países desenvolvidos e pode trazer vantagens econômicas e culturais. Para ser implantado um modelo de cobrança a partir do cálculo teórico para casa bairro não é necessário muito investimento em tecnologia e equipamentos, basta o financiamento de pesquisas para que seja determinada a melhor equação de determinação para cada caso.

De certa forma esta metodologia de cálculo de tarifa não incentiva a redução da geração de resíduos, como o método de pesagem individual aplicado no exterior. Porém o pagamento exato pela quantidade colocada na lixeira individual pode gerar o aumento de áreas de descarte irregular de resíduos, o que gera custo posterior para a prefeitura efetuar a limpeza. Então as campanhas de educação ambiental têm que ser voltadas aos hábitos mais conscientes como um todo, abordando o desperdício de água, de energia, e de matéria prima.

Outra vantagem é a diminuição da inadimplência nos pagamentos que custeiam a limpeza pública, porque através deste modelo a cobrança da tarifa de coleta de resíduos pode ser inserida nos boletos de energia e água mensalmente, como ocorre com a água/esgoto. Existem prejuízos mais perceptíveis diretamente em deixar de pagar uma conta de água do que o IPTU, sendo que para melhores resultados o pagamento não poderá ser desmembrado.

As respostas encontradas mostram que para cada região existem especificidades no comportamento das variáveis, o que comprova que é necessária a setorização da cidade para obtenção das fórmulas de cálculo. A setorização utilizada no trabalho tentou abranger bairros com características socioeconômicas e de ocupação distintas, visando gerar

respostas também relacionadas a essas características. Porém, as análises individuais não se mostraram significantes, não apresentando confiabilidade para os resultados de correlação, o que não possibilitou a análise de correlação sob esses olhares.

São recomendadas novas metodologias de divisão de Florianópolis em setores, tendo como ponto de partida o estudo das setorizações aplicadas pelas companhias que fornecerão os dados. Pois, muitas das ideias de divisão pensadas acabam ficando inviáveis de executar devido à falta de dados confiáveis. Ao testar a escolha de novas regiões podem ser aplicadas as fórmulas para as estações do ano encontradas neste trabalho, a fim comprovar se realmente não podem ser montadas fórmulas globais.

A comprovação através deste trabalho da possibilidade de calcular a geração de resíduos sazonal pela associação do consumo de energia e água para bairros fomenta a ideia de testar as fórmulas para domicílios, como seria aplicado na prática. Para isso é preciso contabilizar por meio de pesagem, nas residências estudadas, os resíduos gerados pelas famílias durante o mês, pegar as faturas de água e energia e então aplicar na fórmula para testar se o resultado é compatível.

A quantidade de resíduos produzida pela residência é apenas um dos fatores de cálculo para a tarifa de resíduos, visto que os custos do sistema de gerenciamento de resíduos e limpeza pública vão além do custo da coleta. Outros elementos devem ser atendidos para que não ocorram as defasagens de sustentabilidade econômica do sistema que são descritas atualmente. E sem dúvida trabalhos de pesquisa nesta área para estudos financeiros do sistema são essenciais para o esclarecimento até mesmo do poder público com relação à problemática.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR 10.004. Dispõe sobre a Classificação dos Resíduos Sólidos, 2004.
- ABRELPE, 2010. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/arquivos/Panorama2010.pdf> Acesso em outubro de 2011.
- ATHAYDE JÚNIOR, G.B.; DE SÁ BESERRA, L.B.; FAGUNDES, G.S. Estimando a geração de resíduos sólidos domiciliares a partir do consumo de água em edifícios multifamiliares. Revista Tecnológica. Fortaleza, v. 29, n. 2, p.125-133, dez. 2008.
- AZEVEDO, G.O.D. Por menos lixo: A minimização dos resíduos sólidos urbanos na cidade do Salvador/Bahia. Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana da Escola Politécnica, da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre. Salvador, 2004.
- BIDONE, F. Antônio. Resíduos Sólidos Provenientes de Coletas Especiais: Eliminação e Valorização. Rio de Janeiro: ABES, 2001.
- BRASIL. Lei 11.445 de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.
- BRASIL. Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.
- BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2009. Brasília: MCID-DES.SNSA, 2011.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. Estatística básica. 4. ed. São Paulo: Atual S/A, 1998. 321 p.
- CALDERONI, S. Os Bilhões perdidos no lixo. São Paulo– 3. ed. Editora Humanista. FFLCH / USP, 1999. 347p.
- CAMPANARIO, P. Instituto de Planejamento de Florianópolis - IPUF. Florianópolis: dinâmica demográfica e projeção da população por sexo, grupos etários, distritos e bairros (1950-2050). Florianópolis: PMF, 2007. 70 p. Disponível em: <http://portal.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/16_03_2010_19.27.56.16e482b18f2dfb83f5c396d202ae029a.pdf>. Acesso em: 20 out. 2011.
- CAMPANI, D. B.; SCHEIDEMANDEL Neto, B. Remuneração da prestação dos serviços de manejo de resíduos sólidos. Prestação dos

- serviços públicos de saneamento básico. Artigo publicado no livro Lei Nacional de Saneamento Básico: Perspectivas para as Políticas e a gestão dos serviços públicos. Livro III. Brasília, 2009.
- CASTILHOS JÚNIOR, A. B. de.; *et. al.* Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades. Rio de Janeiro: RiMa: ABES, 2003. Projeto PROSAB.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. Metodologia científica. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. Estrutura do projeto. Disponível em: <http://www.monografiaurgente.com/estruturadoprojeto.html> Acesso em: Outubro de 2011.
- CHENNA, S.I.M. (Org.). Modelo de Gestão Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos. Módulo 4: Modelos tecnológicos para sistemas de coleta e outros serviços de limpeza urbana. Brasília, 2000. 183p.
- COMCAP – Companhia de melhoramentos da Capital. Plano e gerenciamento Integrado de resíduos Sólidos – município de Florianópolis/SC. Florianópolis, 2011
- CUNHA, V.; FILHO, J.V.C. Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: Estruturação e aplicação de Modelo não-linear de Programação por metas. Gestão & Produção, v.9, n.2, p.143-161, ago. 2002.
- DEUS, B.S.; DE LUCA, S.J.; CLARKE, R.T. Índice de impacto dos resíduos sólidos urbanos na saúde pública: metodologia e aplicação. Artigo Técnico – Revista Eng. Sanitária e Ambiental. Vol. 9 - Nº 4 - out/dez 2004, 329-334
- ESTEVES, E.; SOUSA, C. Análise de dados e planejamento experimental: Apontamentos para as aulas da disciplina no Curso de Engenharia Alimentar. 2007. 36 p. Notas de Aula.
- EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. The Urban Performance of Unit Pricing An Analyses of Variable Rates for Residential Garbage Collection in Urban Areas. Duke University, 1994. 48p.
- GONÇALVES, M.M.; DINIZ, A.M.M.B.; CARVALHAL, R.M. Custos na limpeza urbana de Belo Horizonte – metodologia de apropriação e gerenciamento. Anais do 21º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. João Pessoa, Paraíba, 2001.
- GUIZARD, J.B.R.; DE PONTES, F.F.F.; BRONZEL, D.; FERREIRA, E.R.; REIS, F.A.G.V. Aterro sanitário de limeira: diagnóstico ambiental. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 3, n. 1, p. 072-081, jan/jun 2006.

- IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Populacional 2010.
- LEITE, M. F. A taxa de coleta de resíduos sólidos domiciliares: Uma análise crítica. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil. São Carlos, 2006.
- LIRA, S. A. Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações. 2004. 196 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia dos Setores de Ciências Exatas e de Tecnologia) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/dissertacao_sachiko.pdf Acesso em: Junho de 2012.
- MAGALHÃES, T. Manejo de resíduos sólidos: sustentabilidade e verdade orçamentária com participação popular. Artigo publicado no livro Lei Nacional de Saneamento Básico: Perspectivas para as Políticas e a gestão dos serviços públicos. Livro III. Brasília, 2009.
- MEDRI, W. Análise Exploratória de dados. Londrina, 2011. 78p.
- MONTEIRO, J. H. P.; *et. al.* Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos. Publicação elaborada pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM. Rio de Janeiro, 2001.
- OGLIARI, P. J.; PACHECO, J. A. Análise estatística usando o Statistica ® 6.0. Florianópolis, 2004. 131p.
- OLIVEIRA, P. L.; NETO, C. Estatística. 13. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1994. 264 p.
- RÊGO, R. C. F.; BARRETO, M.L.; KILLINGER, C.L. O que é lixo afinal? Como pensam mulheres residentes na periferia de um grande centro urbano. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 18. Pág.1583-1592, nov-dez, 2002.
- PAULETTO, F. Z. A taxa pela coleta de “lixo”: um estudo entre o consumo de água e o consumo de energia elétrica com a produção de resíduos sólidos domiciliares. 2010. 80 p. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- PFEIFFER, S. C.; CARVALHO, E. H. Otimização do sistema de varrição pública: nível 2. Guia do profissional em treinamento. Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA. Brasília, 2009.

- PMF – Prefeitura Municipal de Florianópolis. Projeto completo - elaboração de estudo de regionalização e capacitação de agentes públicos e técnicos visando a gestão integrada e associada de resíduos sólidos urbanos no núcleo metropolitano da região metropolitana da grande Florianópolis. Florianópolis, 2010.
- SIEGEL, Sidney. Estatística não-paramétrica: para as ciências do comportamento. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 350 p.
- SOARES, J. F.; FARIAS, A. A.; CESAR, C. C. Introdução à estatística. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.a., 1991. 378 p.
- TAKEDA, A.K. Análise da Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos da Cidade de Curitiba, com Abordagem na Coleta Seletiva e Domiciliar. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003, 277p.
- TOLMASQUIM, M.T. O crescimento recente do Consumo Residencial de Energia Elétrica na Região Nordeste. Nota Técnica DEN 04/08. Rio e janeiro, 2008.
- TSUTIYA, M.T. Abastecimento de Água. 3º edição. – São Paulo – departamento de engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.
- ZANOTI, L.A.R. & ZANOTI, A.L.D. Responsabilidade tributária do sócio na empresa ltda. Disponível em: <http://www.faesd.edu.br/horus/artigos/zanoti.pdf>. Acesso em: novembro de 2011.